RBT

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL

Vol. 1 #2 | DEZ 2021



FGV TRANSPORTES

A **Revista Brasileira de Transportes** - **RBT** é uma publicação para difusão científica, bilíngue, com periodicidade semestral, vinculada ao **FGV Transportes**, centro de estudos e pesquisas em transportes, logística e mobilidade urbana da **FGV**.
Para publicação na **RBT**, serão considerados artigos inéditos, que não devem estar sob avaliação de outro periódico, mesmo que em outro idioma, com a exceção de trabalhos apresentados em anais de congressos. O acesso ao conteúdo da **RBT** é aberto, sem cobrança de qualquer valor pecuniário para submissão ou publicação.
Visite a plataforma da **RBT** e submeta o seu artigo:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.





The **Brazilian Transport Journal** (**Revista Brasileira de Transportes - RBT**) is a bilingual scientific jornal, published every six months, linked to the **FGV Transportes**, centre for studies and research in transport, logistics and urban mobility at the **Getulio Vargas Foundation** (**FGV**). Only unpublished papers will be considered by the **RBT** journal; they should not be under assessment by any other periodical, nor be written in any language other than Portuguese and English, except for papers presented in congress proceedings. Access to **RBT** content is open, with no fees charged for either submission or publication. Visit the **RBT** platform and submit your article: http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

PUBLICAÇÃO DO CENTRO DE ESTUDOS FGV TRANSPORTES
FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – FGV

EQUIPE EDITORIAL

EDITOR CHEFE:
Marcus Vinícius Quintella Cury –
FGV Transportes

EDITOR EXECUTIVO:
Marcelo Prado Sucena – FGV Transportes

EDITORES TEMÁTICOS:
Alan Ricardo da Silva
Universidade de Brasília - UNB.

Álvaro Costa
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Portugal.

Fariya Sharmeen
KTH Royal Institute of Technology - Eindhoven, Sweden.

Gustavo Riente de Andrade
University of Florida Transportation Institute, USA.

Javier Aldecoa
Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Spain

José Carlos Amorim
Instituto Militar de Engenharia - IME.

José Eugênio Leal
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio.

Kent Gourdin
College of Charleston, USA.

Luiz Antonio Silveira Lopes
Instituto Militar de Engenharia - IME.

Luiz Eduardo Brandão
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio/IAG.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio
Fundação Getúlio Vargas - FGV Direito.

Priscila Laczynski de Souza Miguel
Fundação Getúlio Vargas - FGV Celog/EAESP.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/POLI.

Rômulo Orrico
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos
Instituto Militar de Engenharia – IME.

AVALIADORES CIENTÍFICOS *AD HOC*:
Amir Mattar Valente
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC – PPGTG.

Eduardo Lobo
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC – PPGTG.

Enilson Medeiros
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Peter Fernandes Wanke
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPEAD.

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG.

Renata Maré
Universidade de São Paulo - USP/Escola Politécnica - Instituto Mauá de Tecnologia.

Richard Magdalena Stephan
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE/POLI.

APOIO ADMINISTRATIVO:
Valdélia Brito

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA:
Jeferson Dantas

TRADUÇÃO E REVISÃO DE INGLÊS:
Patrícia Tate

DIAGRAMAÇÃO:
Bruno Masello e Carlos Quintanilha

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES – RBT / FGV TRANSPORTES
Praia de Botafogo, 190 / 6º andar, Botafogo,
Rio de Janeiro, RJ, Cep. 22.250-900

Submissão de artigos:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

Os conceitos, metodologias, métodos, técnicas e propostas expressas nos artigos publicados na RBT são de inteira responsabilidade de seus autores, não representando necessariamente a posição institucional da FGV.

Permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que mencionada a fonte.

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT

PUBLICATION OF THE FGV TRANSPORTES STUDY CENTER
GETULIO VARGAS FOUNDATION - FGV

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF:
Marcus Vinícius Quintella Cury –
FGV Transportes, Brasil.

EXECUTIVE EDITOR:
Marcelo Prado Sucena – FGV Transportes, Brasil.

THEME EDITORS:
Alan Ricardo da Silva
University of Brasília (UNB), Brasil.

Álvaro Costa
Faculty of Engineering, University of Porto (FEUP), Portugal.

Fariya Sharmeen
KTH Royal Institute of Technology - Eindhoven, Sweden.

Gustavo Riente de Andrade -
University of Florida Transportation Institute, USA.

Javier Aldecoa
Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Spain

José Carlos Amorim
Military Engineering Institute (IME), Brasil.

José Eugênio Leal
Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio), Brasil.

Kent Gourdin
College of Charleston, USA.

Luiz Antonio Silveira Lopes
Military Engineering Institute (IME), Brasil.

Luiz Eduardo Brandão
Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio/ IAG), Brasil.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio
Getulio Vargas Foundation (FGV Law), Brasil.

Priscila Laczynski de Souza Miguel
Getulio Vargas Foundation (FGV/Celog/EAESP), Brasil.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr.
Rio de Janeiro Federal University (UFRJ/POLI), Brasil.

Rômulo Orrico
Rio de Janeiro Federal University (UFRJ/COPPE), Brasil.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos
Military Engineering Institute (IME), Brasil.

SCIENTIFIC REVIEWERS AD HOC:
Amir Mattar Valente
Santa Catarina Federal University (UFSC/PPGTG), Brasil.

Eduardo Lobo
Santa Catarina Federal University (UFSC/PPGTG), Brasil.

Enilson Medeiros
Pernambuco Federal University (UFPE), Brasil.

Leonardo Herszon Meira
Pernambuco Federal University (UFPE), Brasil.

Peter Fernandes Wanke
Rio de Janeiro Federal University (UFRJ/COPPEAD), Brasil.

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira
Federal Technological Education Center (CEFET/MG), Brasil.

Renata Maré
São Paulo University (USP/ Polytechnic School - Mauá Institute of Technology), Brasil.

Richard Magdalena Stephan
Rio de Janeiro Federal University (UFRJ/COPPE/POLI), Brasil.

ADMINISTRATIVE SUPPORT:
Valdélia Brito

PORTUGUESE SPELLING AND GRAMMAR REVIEW:
Jeferson Dantas

REVISION AND ENGLISH TRANSLATION:
Patrícia Tate

LAYOUT AND FINISHED ARTWORK:
Bruno Masello e Carlos Quintanilha

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT / FGV TRANSPORTES
Botafogo Beach, 190 / 6th floor, Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, Postal Code 22.250-900

Submissions:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

The concepts, methods, methodologies, techniques and proposals expressed in the articles published in the RBT are the sole responsibility of their authors, and do not necessarily represent the institutional position of FGV.

Total or partial reproduction of articles is allowed, provided the source is mentioned.

SUMÁRIO / SUMARY

EDITORIAL

8 Revista Brasileira de Transportes - RBT
Brazilian Transport Journal – RBT

ENTREVISTA RBT / RBT INTERVIEW

12 Christian Lachmann,
Diretor Executivo da Wilson Sons
Christian Lachmann, Executive Director,
Wilson Sons

ARTIGOS / ARTICLES

18 Uma abordagem heurística ao problema da programação de trens em linhas singelas

32 A heuristic approach to the problem of scheduling trains on single lines

46 Revisitando o modelo de leilão LPVR pela abordagem de opções reais

58 Revisiting the LPVR auction model through the real options approach

70 Criação de valor na utilização da cabotagem no Brasil

84 Creating value through cabotage use in Brazil

98 Os impactos do COVID-19 no consumo de bens básicos e suas implicações na gestão da logística urbana

122 Impacts of COVID-19 on basic goods consumption and their implications for urban logistics management



REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

Vol.1 No.2 Dezembro 2021

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT

Vol.1 Nº 2 December 2021

A RBT é uma publicação da FGV Transportes, centro de estudos em transportes, logística e mobilidade urbana da FGV, cujo propósito é contribuir, de maneira incisiva e destacada, para a evolução do pensamento estratégico e desenvolvimentos acadêmico, empresarial, econômico e social do país, por meio da divulgação de artigos científicos originais e inéditos.

A RBT é publicada exclusivamente em ambiente virtual, com periodicidade semestral, e tem acesso aberto e submissão contínua por meio do seu endereço eletrônico (https://transportes.fgv.br/revista-rbt).

Published half-yearly in English and Portuguese by the FGV Transportes Centre for Transport, Logistics and Urban Mobility, the purpose of the RBT scientific journal is to offer noteworthy and incisive contributions to the evolution of strategic thinking and the academic, business, economic, and social development of Brazil through releasing original and unpublished papers.

This all-digital journal offers open access, with a continuous inflow of submissions through its website: https://transportes.fgv.br/revista-rbt.

EDITORIAL

É com grande satisfação que estamos publicando a segunda edição de 2021 da RBT e agradecemos aos colegas professores e pesquisadores que contribuíram com seus valiosos artigos.

Esta edição da RBT traz uma entrevista exclusiva com Christian Lachmann, diretor executivo da Wilson Sons, e quatro artigos científicos convidados.

A entrevista com Christian Lachmann apresenta sua visão sobre a logística do comércio internacional, transporte marítimo e setor portuário brasileiro, com base em sua experiência e conhecimento adquiridos à frente da diretoria executiva da Wilson Sons, maior operador integrado de logística portuária e marítima do Brasil e mantenedora da FGV Transportes.

O primeiro artigo é de autoria do professor e pesquisador José Eugênio Leal, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), cujo objetivo é descrever o desenvolvimento de um modelo de programação ferroviária que ajude o centro de controle operacional na gestão do tráfego ferroviário.

O segundo artigo vem também da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), assinado por Carlos Bastian-Pinto e Naielly Marques, e trata dos leilões cujos lances são baseados no menor valor presente de receita, conhecidos como leilões LPVR (*Least Present Value of Revenue*), com proposta de um modelo de opções reais que reduz a assimetria de risco através do tratamento das incertezas e flexibilidades de uma forma mais informativa e aplicável.

O terceiro artigo busca identificar as vantagens que o transporte de cabotagem proporciona aos seus usuários, especialmente no que diz respeito à redução de custo de frete, por meio de pesquisa qualitativa com 21 entrevistados. Seus autores são Priscila Laczynski de Souza Miguel e Gilberto Gomes da Cunha Júnior, ambos da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV EAESP).

O quarto e último artigo apresenta uma pesquisa que caracteriza o comportamento do consumidor quanto às compras de suprimentos básicos, antes e durante o COVID-19, e a percepção do lojista antes da pandemia, assim como relacionar os

This issue of the RBT features an exclusive interview with Christian Lachmann, the Executive Director of Wilson Sons, together with four scientific papers written by guest authors.

In his interview, Christian Lachmann presents his view of the logistics for international trade, maritime transport, and the Brazilian port sector, based on the experience and expertise built up as the head of Wilson Sons, which is the largest integrated port and maritime logistics operator in Brazil, and a sponsor of the FGV Transportes Centre.

The first paper is written by Professor José Eugênio Leal, a researcher from the Pontifical Catholic University in Rio de Janeiro (PUC (PUC-Rio), describing the development of a railway programming model that helps operating control centres manage rail traffic.

Also from the Pontifical Catholic University in Rio de Janeiro (PUC-Rio), the second paper is authored by Carlos Bastian-Pinto and Naielly Marques. It explores auctions based on the Least Present Value of Revenue (LPVR), and proposes a real options model that reduces risk asymmetry by treating uncertainties and flexibilities in a more informative and applicable manner.

The third paper examines the advantages of cabotage shipping (especially lower freight costs) through a qualitative survey conducted with 21 respondents. Its authors are Priscila Laczynski de Souza Miguel and Gilberto Gomes da Cunha Júnior, both from the São Paulo Business Management School at the Getulio Vargas Foundation (FGV-EAESP).

The fourth and final paper presents a survey exploring consumer behaviours when purchasing staples before and during COVID-19, together with pre-pandemic merchant perceptions, while also relating agent behaviours and perceptions to the urban logistics challenges inherent to market supplies. This paper is authored by: Renata Lúcia Magalhães de Oliveira, from the Federal Technology Education Centre in Minas Gerais State (CEFET-MG), and Yasmin Fidelix, José Geraldo Vidal Vieira, Ricardo Coser Mergulhão and João Eduardo A. R. da Silva, from São Carlos Federal University (UFSCar).

comportamentos e percepções dos agentes com os desafios da logística urbana de abastecimento do mercado. Esse artigo tem os seguintes autores: Renata Lúcia Magalhães de Oliveira, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), e Yasmin Fidelix, José Geraldo Vidal Vieira, Ricardo Coser Mergulhão e João Eduardo A. R. da Silva, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

A partir da próxima edição, que deverá acontecer, provavelmente, entre maio e junho de 2022, não mais publicaremos artigos convidados, mas tão somente artigos submetidos em nossa plataforma, que passarão pelas avaliações dos editores executivo e temático, respectivamente, e pelo processo *double blind review*.

Dessa forma, convocamos professores, pesquisadores e profissionais das áreas de transportes, logística e mobilidade urbana a submeterem seus artigos científicos para a RBT, a partir de agora, para a composição da próxima edição. As submissões de artigos devem ser feitas na plataforma da RBT, pelo *link* https://transportes.fgv.br/revista-rbt

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Marcus Vinicius Quintella Cury
Editor Chefe

From the next edition onwards, which will probably be published between May and June 2022, guest papers will no longer be featured, instead publishing only papers submitted through our platform. They will be assessed by the executive and topic editors respectively, and must pass through a double-blind review process.

We thus invite professors, lecturers, researchers, and professionals from the transportation, logistics, and urban mobility fields to submit their scientific papers for inclusion in the next edition of the RBT journal. This article should be submitted through the RBT platform, using this link: https://transportes.fgv.br/revista-rbt

We hope everyone enjoys reading this edition!

Marcus Vinicius Quintella Cury
Editor in Chief





CHRISTIAN LACHMANN
Diretor Executivo da Wilson Sons

CHRISTIAN LACHMANN
Executive Director, Wilson Sons

Convidamos **Christian Lachmann**, diretor executivo da **Wilson Sons**, para conceder a presente entrevista e, assim, apresentar sua visão sobre a logística do comércio internacional, transporte marítimo e setor portuário brasileiro.

In this interview, we invite **Christian Lachmann**, the Executive Director of **Wilson Sons**, to present his views of the logistics for international trade, maritime transport, and Brazil's port sector.

Christian Lachmann é graduado em Administração de Empresas, pela Faculdade Cândido Mendes, e possui especialização em Transporte Marítimo e Afretamento, pela *Seatrade Academy,* na Inglaterra. Trabalhou em empresas no exterior, nas diversas áreas da cadeia logística, portuária e de transporte marítimo. Atua em empresas do segmento de navegação e agenciamento marítimo há quase quatro décadas, sendo diretor executivo da **Wilson Sons**, nos últimos 20 anos.

A **RBT** agradece imensamente ao **Christian Lachmann**, bem como à **Wilson Sons**, mantenedora da **FGV Transportes**, e sente-se muito honrada em poder transmitir aos seus leitores, por meio desta entrevista, os conhecimento e experiência desse proeminente executivo da área de navegação e logística portuária e marítima. Boa leitura!

RBT: Em decorrência da pandemia do Covid-19, o mundo está vivendo uma desorganização sem precedentes na logística do comércio internacional, com grandes congestionamentos nos portos, falta de equipamentos, valores de frete excessivamente altos, cuja consequência é uma crise global de oferta e demanda, também denominada de crise dos contêineres. Qual é a sua avaliação dessa situação?

Christian Lachmann: A falta de disponibilidade de contêineres vazios e os gargalos logísticos continuam a desafiar os volumes de exportação. Temos algumas causas relevantes. Com a pandemia, ocorreu uma parada, seguida depois da retomada, do processo de produção de toda a cadeia, desde insumos até o produto final. O consumo, diferentemente, não teve a mesma curva de redução. E, assim, consumimos os estoques existentes. A retomada não conseguiu acompanhar o consumo e causou um congestionamento da cadeia de transporte, que também se encontrava com oferta reduzida. Existem vários portos congestionados nos EUA, Europa e Ásia. Isso tem causado cancelamentos e atrasos, diminuindo a oferta de contêineres nos portos brasileiros.

Christian Lachmann has a degree in Business Administration from the Cândido Mendes University, with a specialty qualification in Maritime Transport and Charters from the Seatrade Academy in the UK. Outside Brazil, he has worked in various areas along the logistics, port, and maritime transport chain. After almost four decades with shipping firms and agencies, he has been the Executive Director of **Wilson Sons** for the past twenty years.

Immensely grateful to both **Christian Lachmann** and **Wilson Sons**, which is an **FGV Transportes** sponsor, RBT is deeply honoured to publish this interview, conveying the expertise and experience of this leading executive in the maritime shipping and port logistics field. Happy reading!

RBT: As a result of the Covid-19 pandemic, the world is experiencing unprecedented turmoil in international trade logistics, with massive jams at ports, equipment shortfalls, and excessively high freight rates, all triggering a global supply and demand crisis, also called the container crunch. What is your assessment of this situation?

Christian Lachmann: The shortage of empty containers and logistics bottlenecks continue to challenge export volumes. We have some relevant causes. The pandemic caused an initial halt in production along the entire chain, later followed by a return to operation, from inputs to end products. In contrast, the consumption curve never dropped, so we used up the existing stocks. Unable to keep pace with consumption, the recovery caused a bottleneck in the transport chain, which also had limited supplies. There are several congested ports in the USA, Europe, and Asia, causing cancellations and delays, and thus curtailing the supply of containers in Brazilian ports.

RBT: O Brasil responde somente por 1,3% dos contêineres movimentados no mundo, situação que deixa o nosso país fora das principais rotas da navegação marítima internacional, visto que os armadores buscam maior rentabilidade e somente vêm para portos brasileiros caso possam retornar carregados. Isso é um fato? Como esse cenário poderia mudar?

Christian Lachmann: Nós temos uma necessidade específica, que variou no tempo, quando passamos a ser mais importadores de produtos manufaturados e exportadores de matéria-prima. Assim, necessitamos de contêineres vindo (importação) numa proporção maior do que saindo (exportação). Além disso, a carga importada tem maior volume que a exportada, pois é mais pesada, e esse desequilíbrio também impacta na logística de carga.

RBT: Com a melhora no ambiente pandêmico, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), as exportações brasileiras, no primeiro semestre deste ano, cresceram 36% em relação ao mesmo período de 2020. Todavia, o Brasil tem grandes desafios a serem vencidos em logística de transporte, de um modo geral, para que haja crescimento das exportações, de forma sustentável. Quais são os principais desafios dos portos brasileiros? Como o governo federal tem atuado para superar esses obstáculos?

Christian Lachmann: Um dos grandes desafios dos operadores portuários é conseguir acompanhar a evolução do crescimento das embarcações. Isso se aplica também aos canais de acesso. Como exemplo posso citar o encalhe do navio que fechou o Canal de Suez, que acabou por afetar a produção pelos atrasos para recebimento de insumos. Hoje, os dois terminais de contêineres operados pela Wilson Sons, nos portos de Salvador (BA) e do Rio Grande (RS), já têm capacidade para receber navios *New Panamax*, que ainda não escalam a costa brasileira, mas são uma tendência global presente nas principais rotas comerciais do mundo. São embarcações gigantescas, com 366 metros de comprimento e capacidade para transportar até 14 mil TEU, que alcançam a altura de um prédio de 120 andares se colocadas na vertical. O Brasil tem trabalhado para acompanhar esse crescimento das embarcações com as expansões e novas concessões.

RBT: Brazil accounts for only 1.3% of containers shipped around the world. This keeps our country off major international shipping routes, as shipowners seek higher profits and only call at Brazilian ports only if they can return loaded. Is this a fact? How could this context change?

Christian Lachmann: We used to have a specific requirement, which shifted over time, when we began to import manufactured goods and export raw materials. We thus need more incoming containers (imports) rather than departing (exports). Furthermore, imported cargoes have larger volumes than exported cargoes, they are heavier, and this imbalance also impacts cargo logistics.

RBT: With the pandemic subsiding, according to the National Confederation of Industry (CNI), Brazilian exports rose 36% during the first half of this year over the same period in 2020. However, Brazil has major transport logistics challenges that must be surmounted, in general, in order to ensure sustainable export growth. What are the main challenges facing Brazilian ports? What is the Brazilian Government doing to surmount these hurdles?

Christian Lachmann: One of the major challenges for port operators is to keep up with expanding vessel size. This also applies to access channels. As an example, I can mention the grounded carrier that blocked the Suez Canal, with effects on production due to delays in receiving supplies. Today, the two container terminals operated by Wilson Sons (at the ports of Salvador in Bahia State and Rio Grande in Rio Grande do Sul State) - already have the capacity to handle New Panamax vessels. While not yet sailing along the Brazilian coast, they are a global trend on the world's main trade routes. These gigantic carriers are 366 meters long and can carry up to 14,000 TEU. If stood on end, they would be as tall as a 120-story building. Brazil has been striving to keep pace with this growth in vessel size through port expansions and new concessions.

RBT: O governo brasileiro está fortemente empenhado nas desestatizações das companhias docas e nas privatizações de terminais portuários, de um modo geral, e vem envidando esforços para tornar os leilões cada vez mais atrativos. Qual é a sua avaliação sobre todo esse processo, principalmente sobre os modelos propostos para os portos de Santos (SP), Vitória (ES), São Sebastião (SP) e Itajaí (SC)?

Christian Lachmann: É um tema complexo e não tem uma fórmula simples nem única. Cada porto tem sua particularidade, tamanho e diversidade. Acredito que essas premissas devem ser levadas em conta porque portos menores, com 1 ou 2 terminais, precisam de uma dinâmica diferente dos portos maiores com diversos terminais e tipos de carga.

RBT: O projeto da "BR do Mar" será mesmo um avanço para aumentar a oferta da cabotagem em nossa extensa costa e, dessa forma, ampliar a quantidade de contêineres transportados, incentivar a concorrência, criar novas rotas e reduzir custos do setor de navegação brasileira? Por que ainda não há um consenso sobre esse projeto?

Christian Lachmann: A cabotagem vem crescendo com grande velocidade, à medida que a infraestrutura marítimo-portuária tem se desenvolvido. Temos uma costa extensa, e percorrê-la, via modo rodoviário, tem alto custo operacional e ecológico. O projeto BR do Mar tem potencial de impulsionar significativamente a cabotagem no Brasil, uma modalidade que ainda tem participação pequena na nossa matriz de transporte. Como todo projeto de lei, começa com uma grande quantidade de mudanças/melhorias e, de acordo com os interesses político-econômicos, vão sendo adaptados ao longo de sua aprovação. Esse processo democrático acaba contemplando a maioria dos interesses e, por vezes, ficam de lado especificidades operacionais que tinham expectativas de serem contempladas. A despeito dessas discussões, o projeto é um progresso para o setor.

RBT: The Brazilian Government is firmly committed to privatizing docks companies and port terminals in general, and has been striving to make the auctions increasingly more attractive. What is your assessment of this entire process, especially the models proposed for the ports of Santos and São Sebastião (São Paulo State), Vitória (Espírito Santo State), and Itajaí (Santa Catarina State)?

Christian Lachmann: This is a complex issue with no single or simple formula. Each port has its own particular characteristics, size, and diversity. I believe that these factors must be taken into account, because smaller ports with one or two terminals need a different approach than larger ports with several terminals and different types of cargo.

RBT: Will the BR do Mar project really be a step forward for more cabotage activities along Brazil's lengthy coastline, increasing the number of containers shipped, while spurring competition, opening up new routes, and lowering costs for Brazil's shipping sector? Why has no consensus yet been reached on this project?

Christian Lachmann: Cabotage has been growing very fast as the seaport infrastructure has developed. Brazil has a lengthy coastline, with road travel imposing high operating and environmental costs. The BR do Mar project has the potential to boost cabotage in Brazil to a significant extent, particularly as this mode of transport still holds only a small share in our transport matrix. Like every draft bill, it started out with plenty of changes and improvements as it moves towards approval, shaped by political and economic interests. This democratic process responds to most of these interests, although specific operating characteristics are sometimes left out, despite their expected inclusion. Nevertheless, this project reflects progress for the cabotage sector, buoyed by these discussions.

RBT: A Wilson Sons é o maior operador integrado de logística portuária e marítima do Brasil, com mais de 180 anos de experiência, mantendo relações duradouras com mais de 2.000 clientes ativos, incluindo armadores, importadores e exportadores, empresas da indústria de óleo e gás, além de outros participantes em diversos setores da economia. Como a Wilson Sons enxerga o mercado brasileiro para as próximas décadas, em termos comerciais, tributários, econômicos, políticos e de infraestrutura logística?

Christian Lachmann: Somos muito otimistas em relação ao futuro e sempre pensamos nos desafios por vir para poder suplantá-los. Essa foi a nossa história e será o nosso futuro. Com mais de 180 anos, o Grupo Wilson Sons atravessou diversos momentos da história do Brasil. Essa experiência nos trouxe aprendizado para administrar nossos ativos nas mais diversas situações. E os nossos sólidos desempenhos apresentados ao longo de muitos anos nos asseguram de que estamos bem posicionados para aproveitar as oportunidades à medida que surgirem. Valorizamos os colaboradores e, hoje, estamos entre as melhores empresas para se trabalhar no Brasil, de acordo com a consultoria *Great Place to Work*. Isso mostra o forte senso de pertencimento, companheirismo e lealdade do nosso time, que está sempre engajado na superação dos desafios e nas expectativas dos nossos clientes. Vivemos um momento de transformações aceleradas e estamos trabalhando nas ofertas de valor para proporcionar uma maior contribuição e dar uma contribuição expressiva ao ecossistema no qual estamos inseridos e ao desenvolvimento sustentável do país.

RBT: Wilson Sons is the largest integrated port and maritime logistics operator in Brazil, with over 180 years of experience. It has built up long-lasting relationships with over 2,000 active customers, including shipowners, importers and exporters, oil and gas companies, and other actors in many different economic sectors. How does Wilson Sons see the Brazilian market for the forthcoming decades, in terms of trade, taxes, economy, politics, and logistic infrastructure?

Christian Lachmann: We are very upbeat about the future, always thinking about challenges on the way in order to surmount them. This has been our past and will be our future. In operation for over 180 years, the Wilson Sons Group is entwined with the history of Brazil. All this experience taught us how to manage our assets in all sorts of situations. And our solid performance over so many decades is a guarantee that we are well-positioned to seize opportunities as they appear. With a solid appreciation of our employees, we are today among the best places to work in Brazil, according to the Great Places to Work survey. This reflects a strong sense of belonging, companionship and loyalty among our team, constantly responding to challenges and exceeding customer expectations. Living in fast-changing times, we are focused on offering value, providing worthy contributions to the ecosystem within which we operate, while fostering the sustainable development of the nation.


DOR 40 t
CMA CGM
tex



UMA ABORDAGEM HEURÍSTICA AO PROBLEMA DA PROGRAMAÇÃO DE TRENS EM LINHAS SINGELAS

Jose Eugenio Leal
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento do modelo de programação de um trem que ajuda o centro de controle operacional a administrar o tráfego ferroviário. Este modelo foi projetado para administrar os horários de trem em linhas ferroviárias singelas.
O modelo foi desenvolvido com uma principal aplicação em mente, a saber, como uma ferramenta de suporte à decisão para que os despachantes de trem o programem em tempo real. Isso pode ajudar o despachante a resolver conflitos de trens (ultrapassagens e cruzamentos) nos desvios para que alcancem um objetivo predefinido. A aplicação do modelo a um problema "da vida real" tem demonstrado que o modelo heurístico, com uma técnica de ramificação e limite, assim como a técnica de árvore em largura parcial em muitos níveis, é capaz de produzir soluções úteis ao problema.

PALAVRAS-CHAVE: Horário de trem, heurística, linhas singelas.

ABSTRACT

This paper describes the development of a train scheduling model that helps the operational control center in managing railway traffic. This model was designed to manage train schedules on single railway lines. The model has been developed with one major application in mind, namely, as a decision support tool for train dispatchers to schedule trains in real time. It can help the dispatcher to resolve train conflicts (overtaking as well as crossings) at the sidings to achieve a pre-defined objective.
The application of the model to a "real life" problem has shown that the heuristic model, with the Branch and Bound technique as well as the partial breadth-first tree search in many levels, is able to produce useful solutions to the problem.

Keywords: Train scheduling, Heuristic, single lines.

1. INTRODUÇÃO

A principal questão no controle do tráfego ferroviário em vias singelas é resolver os conflitos de trens. Em muitas empresas de transporte ferroviário, os trens são monitorados em centros de controle operacional do tráfego (OCC) com a ajuda de painéis que fornecem a localização dos trens quase em tempo real. A principal meta do OCC é seguir horários predeterminados. Nessas programações, com base no horário da partida de cada trem e o tempo de viagem entre as estações, os horários de chegada são projetados sem levar em conta os tempos de espera devido a travessias e ultrapassagens. Esses conflitos são resolvidos pelo controlador de tráfego de forma pragmática, usando sua experiência e visão, sem usar qualquer auxílio de computação. As soluções são construídas com a ajuda de gráficos de tempo e espaço de cada controlador. Esta é a situação das empresas de transporte ferroviário e em quase toda empresa nos países subdesenvolvidos. À medida em que os trens não conseguem seguir os horários originais, a situação muda todos os dias e qualquer evento inesperado como um grande atraso ou acidente causa enorme instabilidade no tráfego. O trabalho do controlador é bem estressante e o nível de serviço depende grandemente das aptidões individuais dos controladores de tráfego. O nível de serviço pode ser medido pelo tempo total de viagem de todos os trens.

De acordo com Sahin (1998), a solução para o conflito de trens é um problema NP-difícil combinado com complexidade computacional $O(2^n)$, onde n é o número de conflitos. Isso significa que o tempo computacional e a memória necessários para a resolução deste problema crescem exponencialmente com o tamanho do problema. O tamanho do problema depende do número de cruzamentos e ultrapassagens, que dependem do comprimento da linha ferroviária, da intensidade do tráfego, das velocidades do trem e suas diferenças, e do horizonte de tempo considerado.

Este trabalho apresenta um modelo que se baseia em uma solução de conflito de trem heurística para resolver o problema em um tempo polinomial dado um horário viável que tenta minimizar o tempo total de viagem de todos os trens ponderado por um fator que representa a prioridade do trem. A solução final é o horário de trem para todo um dia e deve ser apresentada em um gráfico de tempo e espaço (um diagrama do tráfego) a ser usado como uma ferramenta de suporte à decisão pelos operadores. Com as informações no diagrama, o controlador tem mais tempo para melhorar o horário, ao ter uma ampla visão do tráfego total.

O trabalho é estruturado assim: Na segunda seção, o problema deve ser resolvido como segue. A terceira seção apresenta a descrição do modelo, enquanto a quarta seção mostra a sua implantação. A quinta seção demonstra a aplicação do modelo em uma importante empresa de transporte ferroviário brasileira. A sexta seção finaliza o trabalho, ao resumir os seus principais resultados.

2. MUDANÇAS DE PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO

Uma linha ferroviária com uma via singela tem um conjunto de trens de chegada e de partida. Alguns trens têm maior prioridade do que os outros, o que significa que esses trens deverão ter preferência no cruzamento com outros trens com menos prioridade que viajam na direção oposta. Quando viajam na mesma direção também, os conflitos devem ser resolvidos da mesma maneira. Ainda assim, em vez de resolver cada conflito separadamente, a questão é resolver todos os conflitos para se chegar a um objetivo geral, a ser definido depois.

A linha principal tem um conjunto de estações de onde os trens partem, onde param, fazem paradas programadas ou atravessam. As estações intermediárias têm desvios, que são linhas ao lado da linha principal, em que os trens podem manobrar, parar e esperar pelo sinal para prosseguir. Cada trem tem um horário para partida, passagem obrigatória ou parada em estações intermediárias para realizar alguma tarefa e acabam na estação terminal. Isso pode ser expresso em uma tabela que implicitamente fornece o tempo de viagem entre cada estação. Esse horário é livre de conflitos, supondo que um trem esteja viajando sozinho na linha. Durante a operação, este horário é alterado devido a atrasos causados por conflitos.

Um conflito ocorre quando dois trens tentam ocupar o mesmo segmento de linha ao mesmo tempo. Isso pode acontecer de duas maneiras: ultrapassagens para trens na mesma direção e cruzamento de trens na direção oposta. As movimentações do trem estão descritas no diagrama de tráfego com o espaço no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal, como demonstrado nas Figuras 1 e 2.

O operador do OCC resolve o conflito ao forçar um trem a parar em um desvio. Assim que o outro trem deixa o segmento de linha, o trem parado pode prosseguir.

O desafio é planejar um horário para os trens, levando em conta os conflitos de trens e resolvendo isso para minimizar o tempo total da viagem ponderado por um valor que expressa a prioridade de cada trem.

Este problema tem sido estudado por inúmeros pesquisadores.

De acordo com Sahin (1998) os métodos mais amplamente utilizados para resolver o problema podem ser classificados em três grupos: simulação, programação matemática e sistemas especialistas.

Petersen e Taylor (1982) apresentam um modelo de simulação de ferrovia para uso geral, para ajudar no horário de um conjunto de trens em tempo real, com diferentes velocidades e prioridades. O modelo pode ser aplicado a linhas singelas e múltiplas, dando como resultado as movimentações do trem, que podem ser plotadas no diagrama do tráfego.

Ferreira (1992) apresenta alguns procedimentos operacionais para ajudar os despachantes de trem na administração e no controle do tráfego. O autor também descreve uma técnica para o cruzamento direto (travessia sem parada) de dois trens em uma linha singela. Suponha um cronograma rígido com saídas de trens em sucessivas estações; se um trem atrasa em uma estação ou segmento de linha, esse atraso pode afetar as chegadas e as partidas nas outras estações.

Szpigel (1972) apresenta um modelo de programação linear que fornece uma solução ideal com respeito a atrasos dos trens. Este modelo pretende resolver o conflito, levando em conta as prioridades e os tempos de viagem do trem. A solução ideal é aquela que fornece a menor soma ponderada de tempos de viagem para todos os trens. Para o autor, o problema da programação de trens é visto como um problema do job-stop (JSP), em que várias tarefas devem ser executadas por um conjunto de máquinas. No modelo de Szpigel, o tempo de viagem e os segmentos da via são levados em consideração, em vez das tarefas e das máquinas. Embora seja um artigo anterior, ele foi abordado em inúmeros artigos sobre esse problema (Sedrez (1983), Higgins (1996), Sahin (1998), etc.).

Sedrez (1983) avalia os possíveis impactos produzidos pela circulação de trens especiais. Esses trens deverão ser incluídos no plano, com menos impacto sobre a saída e os tempos de viagem dos trens regulares. O autor usa a abordagem de Szpigel com poucas modificações como definição do cronograma para cada estação e o diagrama de espaço e tempo do trem.

Higgins e seguintes (1966) fazem diferentes abordagens ao problema, dando exemplos de soluções exatas a ele, usando ramificação e limite, e métodos heurísticos como algoritmos genéticos e pesquisa tabu. O principal objetivo é minimizar o tempo de viagem total ponderado pelas prioridades do trem. O modelo leva em conta diferentes velocidades para cada trem, a velocidade máxima em cada segmento de linha, a distância mínima entre trens e as prioridades do trem.

O modelo de Rosseto (1997) é um modelo heurístico que busca a solução ideal para conflitos de trens e que foi implementado como parte de um modelo de simulação para a Estrada de Ferro Carajás no nordeste do Brasil. O modelo heurístico tenta atribuir a ocupação nos segmentos de linha levando em conta a ordem de prioridade com o objetivo de minimizar o tempo de parada total. Os conflitos são resolvidos em uma ordem cronológica. Os dados para o problema são os tempos de partida programados e os tempos de viagem em cada segmento de linha.

3. DESCRIÇÃO DO MODELO

Os dados para este modelo são a tabela de todas as partidas para a estação inicial, o tempo de chegada e de partida em cada estação intermediária e a chegada na estação terminal.

O horário inicial livre de conflito tem n trens, cada trem i saindo da estação ini_i e terminando na estação fim_i. A linha tem estações alinhadas, incluindo as estações inicial e final. Como se trata de uma linha singela, os trens podem viajar em ambas as direções. Esse trabalho supõe que a direção da distância crescente é positiva e a oposta é negativa. Uma variável $indtrem_i$ associada a cada trem i define a direção do trem.

A viagem de trem é definida pelo tempo de chegada em cada segmento de linha entre duas estações em sua direção de viagem. Para cada trem i, o momento da chegada no segmento logo após a estação j fica armazenado na variável $tvia_{i,j}$. Assim, $tvia$ é uma matriz com as linhas representando os trens e as colunas representando as estações. É importante observar que a variável $tvia$ deve ser cuidadosamente definida para evitar equívocos. Aqui, supõe-se que, para a última estação de uma viagem de trem, a variável forneça a chegada ao terminal. Cada trem i pode ter uma parada programada na estação j. Esse tempo é

armazenado na variável $tpar_{i,j}$. Cada trem também pode ter uma prioridade $prior_i$, que é um peso relativo como um indicador de sua importância.

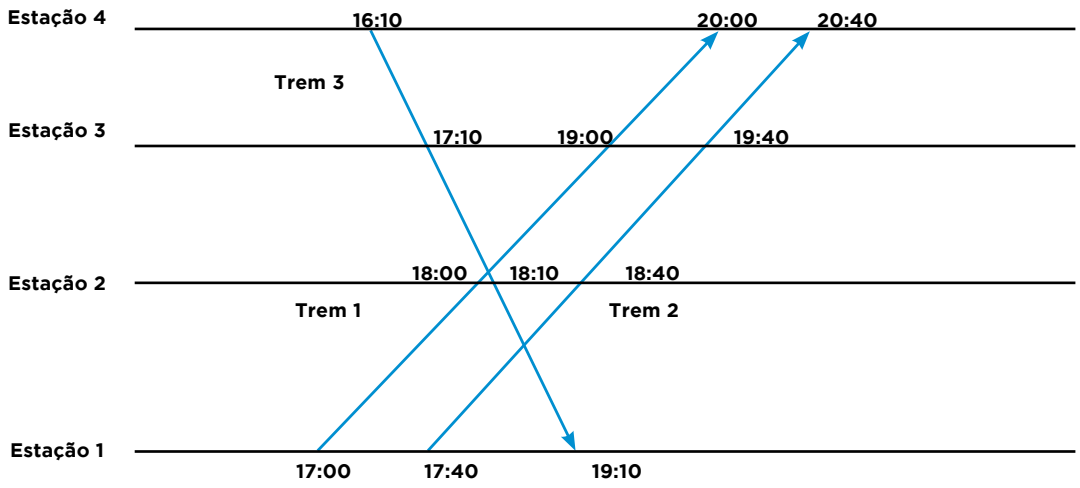
Com base nas variáveis de entrada, o tempo de ocupação em cada segmento de linha além da estação *j* é fornecido na variável $ocup_{i,j}$.

Tvia, *tpar* e *ocup* são matrizes com os trens no índice de linha e as estações no índice de coluna. Durante o procedimento, os conflitos resolvidos podem resultar em atrasos no momento da entrada de um trem no segmento *i* após a estação *j*. Este valor é armazenado na variável $atraso_{i,j}$.

Vejamos um exemplo da modelização, identificando o problema e resolvendo os conflitos.

Um horário de trens é fornecido antes da resolução dos conflitos. Ele está representado na Figura 1, com três trens e quatro estações em três segmentos de linha.

Figura 1: Um determinado horário de trens.



A matriz Tvia para esta programação é:

Trem\Estação	1	2	3	4	Ind
1	17	18	19	20	+1
2	17h40	18h40	19h40	20h40	+1
3	19h10	18h10	17h10	16h0	-1

A última coluna (Ind) fornece a direção de cada trem. Para esta matriz *tvia*, a matriz *ocup* correspondente, que é a mesma para todos os trens em todos os segmentos, é fornecida abaixo. Observe que não existe valor para a estação terminal, pois os valores correspondem à ocupação no segmento logo depois da estação, na direção da viagem.

Trem\Estação	1	2	3	4	Ind
1	1	1	1		+1
2	1	1	1		+1
3		1	1	1	-1

Na matriz, os conflitos são descobertos pela análise de cada trem (linha *i*) em cada estação (coluna *j*). Um trem é visto em uma determinada estação. Para os trens na mesma direção, um conflito é encontrado se algum trem tiver um horário na mesma coluna, que fique entre o horário do trem *i* na coluna *j* e este horário acrescido do horário *ocup* na mesma célula da matriz *ocup*.

Para os trens na direção oposta, o conflito é detectado se o horário na coluna j+ indtrem b ficar entre o horário do trem *i* na coluna *j* e este horário acrescido do horário *ocup* na mesma célula da matriz.

Analisando a matriz, os seguintes conflitos são encontrados:

Trem 1 X *trem 2* nas estações 1, 2 e 3. O conflito inicial ocorreu às 17h40.

Outro conflito é aquele entre o *trem 1* X *trem 3* na estação 2 para o *trem 1* e a estação 3 para o *trem 3*, às 17h10. Outros conflitos existem, mas não antes destes. Após selecionada a estratégia, o primeiro conflito no horário deve ser resolvido.

Este conflito pode ser resolvido atrasando o *trem 1* em 10 minutos na estação 2, até às 18h10, ou atrasando o *trem 3* em 1m50 na estação 3, até às 19h. Se o *trem 1* for atrasado, esse atraso deve ser propagado para as estações seguintes. Nesse caso, a nova matriz após a resolução deste conflito é:

Trem\Estação	1	2	3	4	Ind
1	17	18h10	19h10	20h10	+1
2	17h40	18h40	19h40	20h40	+1
3	19h10	18h10	17h10	16h10	-1

Agora, o primeiro conflito descoberto está entre o *trem 1* X *trem 2* na estação 1 às 17h40. Este conflito pode ser resolvido atrasando o *trem 1* em 40 minutos na estação 1, até às 17h40, ou atrasando o *trem 2* na estação 1 em 20 minutos, até às 18h. Nesse momento, o segmento entre as estações 1 e 2 estará liberado. Se for escolhida uma segunda alternativa, a matriz *tvia* terá o seguinte status:

Trem\Estação	1	2	3	4	Ind
1	17	18h10	19h10	20h10	+1
2	18h	19h	20h	21h	+1
3	19h10	18h10	17h10	16h10	-1

O próximo conflito ocorre entre o *trem 2* X *trem 3* na estação 1 para o *trem 1* e o *trem 2* para o *trem 3*. Isso pode ser resolvido atrasando o *trem 1* na estação 1 até às 19h10, ou atrasando o *trem 3* na estação 2 até às 19h. Se for escolhida uma primeira alternativa, a matriz *tvia* terá os seguintes valores:

Trem\Estação	1	2	3	4	Ind
1	17	18h10	19h10	20h10	+1
2	19h10	20h10	21h10	22h10	+1
3	19h10	18h10	17h10	16h10	-1

Agora a matriz tvia está livre de conflitos. O diagrama entre tempo e espaço para o horário de trem é fornecido na Figura 2. Entretanto, não é possível afirmar que esta é a melhor solução, em especial se a matriz tiver dimensões maiores. A Figura 3 mostra a árvore de decisão binária para o problema, até que seja encontrada uma solução livre de conflitos.

Figura 2: Uma solução livre de conflitos para o exemplo.

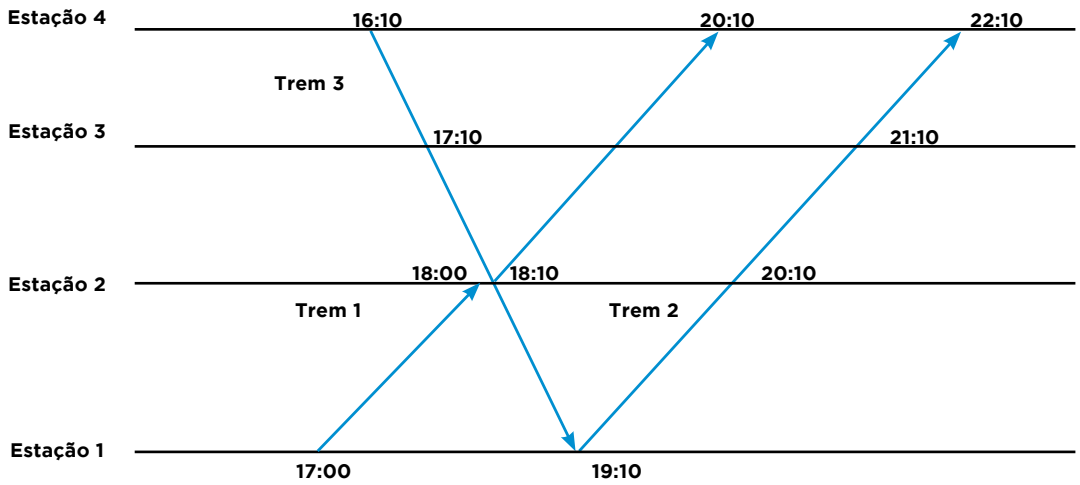
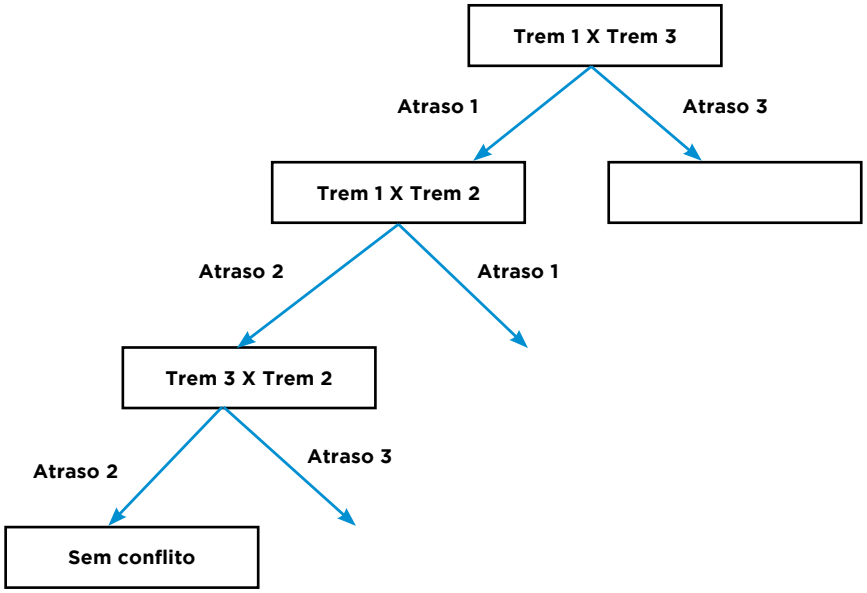


Figura 3: A árvore de decisão binária para o problema de programação do trem.



3.1 Identificação do conflito.

Um conflito ocorre com trens que viajam na mesma direção quando uma referência *trem i* está em um segmento de linha e outro *trem j* que está na mesma direção ou na direção oposta tenta entrar no mesmo segmento de linha, embora o primeiro trem ainda esteja ali. A identificação do segmento de linha na matriz é contínua e cada estação de entrada *icol* para o *trem i* corresponde à mesma estação *icol* do *trem j*, em conflito potencial.

Para os trens em direções opostas, as estações de entrada não correspondem da mesma forma. Um *trem i* de referência na direção positiva entra no segmento de linha depois da estação *icol*, enquanto o trem em conflito potencial estará na direção oposta na estação *icol+1*. Na situação reversa, o trem de referência em icol estará em conflito com um trem oposto na estação *icol-1*. Em geral, para trens em direção oposta, a estação de entrada do trem oposto *trem* j é: $icol\text{-}indtrem_j$.

A identificação do tipo de conflito é dada pelo produto de $indtrem_i$ x $indtrem_j$. Se este valor for positivo, então os trens têm a mesma direção; caso contrário, eles estão em direções opostas.

1 $$\begin{cases} se\ indtrem_i * indtrem_j = 1 : Mesma\ direção \\ se\ indtrem_i * indtrem_j = -1 : Direção\ oposta \end{cases}$$

A estação de entrada para o trem *j* pode ser representada por *jcol*. E chega-se aos seguintes valores:

2 $$\begin{cases} jcol=icol \ \ para\ trens\ na\ mesma\ direção \\ jcol=icol - indtrem_j\ para\ trens\ na\ direção\ oposta \end{cases}$$

Um conflito ocorre se:

3 $$tvia_{jlin,icol} < tvia_{j,jcol} < tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol}$$

ou se:

4 $$tvia_{jlin,icol} < tvia_{j,jcol} + ocupa_{j,jcol} < tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol}$$

Um conflito é resolvido quando se atrasa um dos trens. Isso pode ser feito com o *trem ilin* (o trem de referência) ou com *trem j*. As duas alternativas implicam um atraso para o *trem i* na estação *j*, expresso pela variável $\mathbf{atraso_{i,j}}$. Estes são:

Para forçar o trem j a entrar no segmento de linha depois que o trem ilin deixa o segmento. Assim:

$$atraso_{j\ ,icol} = tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol} - tvia_{j,jcol} \quad (5)$$

Deixa o trem ilin entrar no segmento depois que o trem j deixa o segmento. Nesse caso, ilin tem um atraso:

$$atraso_{jilin\ ,icol} = tvia_{j,icol} + ocupa_{j,jcol} - tvia_{ilin,jcol} \quad (6)$$

Os conflitos podem ser tratados pelos dois critérios alternativos a seguir: Varredura espacial ou varredura temporal. No primeiro caso, é realizada a varredura na linha em uma direção predeterminada e o primeiro conflito descoberto é resolvido a cada vez. No segundo caso, os conflitos são resolvidos depois do momento da sua ocorrência.

Vários autores (Higgins, 1996 e Szpigel, 1972) recomendam as vantagens de fazer uma varredura temporal. Ao fazê-lo, os efeitos desta solução serão propagados para os outros trens depois. Esta prorrogação pode acontecer antes ou depois da resolução do conflito. Ao fazer uma varredura espacial, a solução de um conflito pode se propagar para locais antes do ponto efetivo, exigindo vários "loops" no processo. Assim, uma varredura temporal foi selecionada neste modelo.

3.2 Propagação ou absorção do atraso.

Os atrasos nas estações nem sempre se somam e propagam para as estações seguintes. Na verdade, os atrasos sofridos por um trem em uma estação, com um atraso menor do que os outros atrasos nas estações a seguir, serão absorvidos pelos atrasos subsequentes. Assim, o atraso

ocorrido em uma estação será comparado aos atrasos subsequentes nas próximas estações na direção do trem até a estação terminal. Dessa forma, um atraso do *trem i* em uma *estação j* será dado pela expressão:

7 $atraso_{i,j} = máx\ (atraso_{i,j}, atraso_{i,j+1})$

3.3 Um procedimento de solução.

O problema é definir o horário de um trem pela resolução dos conflitos, levando em conta as prioridades do trem para minimizar uma função objetivo. A função mais utilizada nos trabalhos anteriores é a minimização dos atrasos ponderados pelas prioridades do trem. Esta função pode ser expressa como a soma dos atrasos e a soma dos horários de chegada ponderados pelas prioridades do trem. Esta segunda função equivale à primeira, incluindo a constante da soma dos horários de partida de todos os trens.

Esta função pode ser escrita como:

8 $$Min\ F = \sum_{i=1}^{ntrem} tvia_{i,fim_i} * prior_i$$

O simples procedimento de solução cega está descrito nas etapas a seguir:

Etapa 0: Uma solução inicial é a real solução impraticável de ignorar os conflitos.

Enquanto não é encontrada uma boa solução, devemos:

Etapa 1: Considerar uma solução real.
Etapa 2: Enquanto existir o conflito, devemos:
2.1. Identificar um conflito
2.2. Identificar o trem de referência, sua direção e o segmento de linha de referência.
2.3. Identificar o trem em conflito e sua direção.
2.4. Calcular o atraso para o trem em conflito.
2.5. Calcular o atraso para o trem de referência.
2.6. Procurar o atraso menor.
2.7. Recalcular o cronograma do trem atrasado desde a estação efetiva até a sua estação terminal.
Final da Etapa 2.
Etapa 3: Calcular a função objetivo.
Etapa 4: Comparar com outras soluções:
Parar.

Esta solução corresponde a fazer uma primeira busca minuciosa na árvore de decisão. Outro procedimento é projetado ao se usar, basicamente, o conceito de 'ramificação e limite' e fazer uma busca da solução em vários níveis da árvore de decisão.

O procedimento de solução tem como parâmetro o número de níveis na árvore binária que será pesquisada em cada etapa. O nível da variável representa este número. Isso significa que um número especificado de combinações ($2^{level-1}$-1) será calculado e avaliado em cada etapa. Isso será feito até que seja encontrada uma solução final.

De início, a posição de partida na árvore de decisão é 1. Depois de cada etapa, esta será uma das posições no nível mais baixo que tenha o melhor valor real da função objetivo. Esta posição será redefinida como número 1 e uma nova subárvore é construída.

Para cada combinação de soluções, é estabelecida uma rotina para processar os conflitos. Ela pode ser resumida da seguinte maneira:

1. Buscar o primeiro conflito no tempo.
2. Identificar o conflito, os trens, o tipo de conflito e a localização de cada trem.
3. Testar ambas as alternativas em termos de atraso e, para cada trem que esteja atrasado:
   - Criar uma rotina que verifique se existe um desvio livre.
   - Se não houver, voltar (na direção do trem) uma estação a cada vez, até que seja encontrado um desvio em que o trem possa parar.
4. Calcular o atraso e a propagação do atraso.
5. Calcular o valor efetivo da função objetivo e guardar a solução.

4. IMPLANTAÇÃO DO MODELO

O modelo proposto foi implantado na linguagem Delphi. O resultado gráfico inicial foi projetado usando uma planilha Excel. Mais adiante, uma exibição gráfica integrada também foi implantada em Delphi. Nesta nova versão, foi desenvolvida uma capacidade que permite que o usuário altere a solução ao manipular a solução de conflito do trem dada pelo programa. O usuário pode fazer uma alteração local da solução e calcular a nova solução. O usuário pode escolher que par de trens alterar em uma determinada estação, forçar a parada de um trem que tenha passado pela estação e um trem que tenha parado para que continue sem parar.

O trem a ser adiantado deve ter dois registros de tempo na mesma estação, e o segundo trem deve passar pela estação durante a parada do primeiro, ou seja, após a chegada e antes da partida do primeiro trem.

Outra questão é representar a interrupção da linha devido à manutenção. Isso é feito criando um trem com peso prioritário infinito, com um tempo de viagem correspondente à duração da manutenção. Assim, esse trem fictício não irá parar e ocupar um desvio. Este trem usará o segmento de linha no momento da manutenção.

O modelo foi testado em um sistema de sinalização de linha que permite um trem em cada segmento entre duas estações. Ainda assim, a representação do sistema de bloqueio de sinal é direta – simplesmente define uma estação sem desvios para cada posição do sinal. Desta forma, os trens da direção oposta podem não entrar no segmento.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

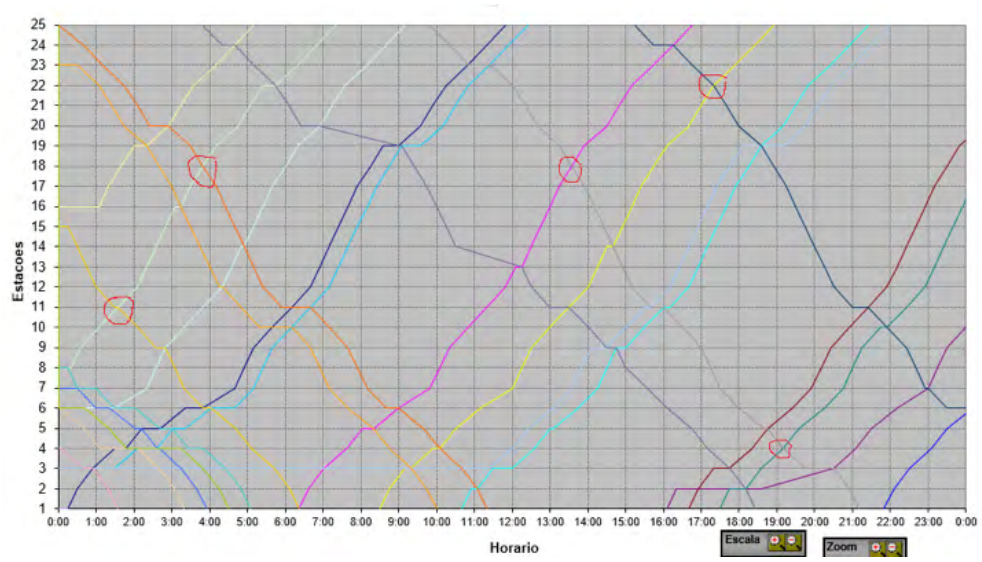
O método foi aplicado em uma linha ferroviária principal no sudeste do Brasil. A empresa de transporte ferroviário serve os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Os dados foram obtidos do diagrama entre espaço e tempo preenchido pelo controlador de tráfego. Ver abaixo:

Número de trens: 25
Número de estações: 25
Prioridades do trem 1.

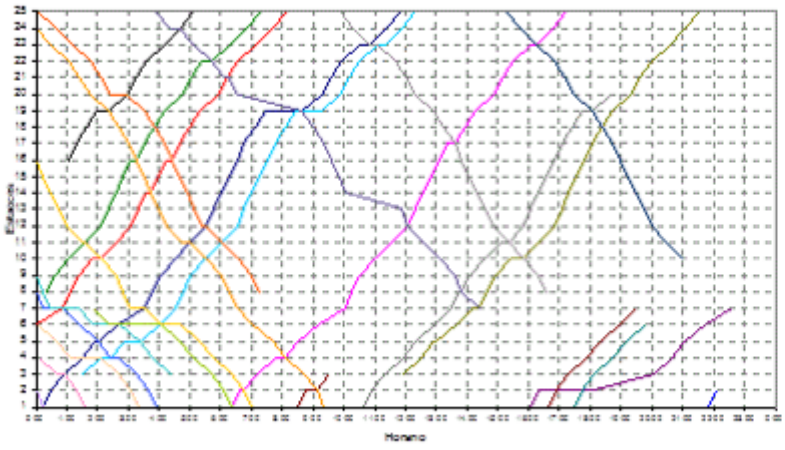
Um exemplo de solução inviável está representado na Figura 4. Aqui, os conflitos não resolvidos podem ser observados por um trem que cruza nos segmentos entre as estações, indicados por um círculo. As paradas programadas são identificadas por uma linha horizontal no diagrama.

Figura 4: Exemplo de horário inviável de trem.



Para resolver a sequência de conflitos de trem, foram usadas duas abordagens diferentes. Na primeira, um procedimento heurístico foi implantado com ajuda da técnica de 'ramificação e limite' sugerida por Higgins (1996). O segundo método explora a solução de espaço na árvore binária. Em cada etapa, vários níveis da árvore binária são explorados e a melhor solução é selecionada. Começa mais uma vez uma nova etapa, buscando a melhor solução em vários níveis. O número de etapas descendentes na árvore é um parâmetro do procedimento.

Figura 5: Exemplo de uma solução usando a técnica de ramificação e limite



Trem	Parte	Chega
1	0:15	11:50
2	6:22	17:15
3	8:30	9:32
4	10:40	18:40
5	16:05	22:35
6	16:40	19:30
7	17:30	19:50
8	21:50	22:05
9	1:30	12:20
10	0:02	8:10
11	0:20	7:20
12	1:05	8:10
13	11:55	21:35
14	0:05	1:35
15	0:15	0:15
16	0:02	3:20
17	0:00	3:55
18	0:00	4:22
19	1:52	6:22
20	0:15	7:02
21	0:30	9:22
22	0:40	7:17
23	3:50	14:25
24	9:50	16:35

O total do tempo de viagem para a solução implantada pela empresa de transporte ferroviário foi de 24.015 minutos, em comparação com 17.482 minutos e 17.477 minuto dos dois métodos heurísticos. Isso representa uma melhoria significativa sobre os resultados que a empresa obteve usando métodos empíricos.

Usando uma busca com cinco etapas descendentes na árvore, chegou-se à solução de 22.085 minutos, que representa uma economia de 8% no tempo total.

6. CONCLUSÃO

O modelo proposto busca preencher uma lacuna que existe no controle e no despacho de trens, oferecendo ao controlador de tráfego uma ferramenta que ajuda a resolver os conflitos e, consequentemente, a programar os trens. Os controladores de tráfego coordenam a circulação dos trens e estabelecem a rota dos veículos de manutenção, controlam e preparam os horários de trem, além de administrar a estação ferroviária e controlar as operações dos pátios da ferrovia e dos terminais. O problema da preparação dos horários, entretanto, é bastante complexo e o atual método empírico de resolução do problema em geral não oferece soluções confiáveis. Todas essas atividades de rotina também envolvem uma grande quantidade de atenção e estresse, causando erros ou falhas nos horários de trem. Esta ferramenta busca minimizar essas falhas e, junto com a experiência dos controladores, oferece melhores resultados para os tempos de viagem.

A maior contribuição deste trabalho, então, está na apresentação de um procedimento heurístico simples para resolver conflitos nos horários de trem. Nas ferrovias, este procedimento está intimamente relacionado ao nível de serviço fornecido aos clientes. As paradas não programadas na grade horária dos trens causam atraso na chegada dos trens em seus destinos. No momento, os trens são programados manualmente e o diagrama do tráfego é preparado em tempo real, sem qualquer possibilidade de parada não programada até que isso aconteça de fato. Os controladores usam sua experiência para decidir sobre as paradas não programadas na grade de trens e não existe ferramenta computacional disponível no centro de controle operacional das empresas para ajudar no despacho dos trens.

Este modelo pode ser integrado aos sistemas automatizados do Centro de Controle Operacional nas empresas de transporte ferroviário, o que fornecerá ao controlador uma visão geral de toda a movimentação na linha ferroviária e um gráfico dos trens que estão livres de conflitos. Assim, no início de cada dia, podem-se estimar todas as paradas causadas por cruzamento e ultrapassagem.

A aplicação do modelo a um problema efetivo apresentado na seção 4 mostrou que o procedimento está em curso visando a soluções confiáveis, oferecendo menor tempo de viagem do que aquele atualmente obtido pela empresa de transporte ferroviário. A solução usada pela empresa de transporte ferroviário, com base apenas na experiência dos controladores, teve um tempo de viagem maior do que aquele sugerido pelo modelo.

Com respeito às técnicas computacionais empregadas tanto pela técnica de ramificação e limite quanto pelo método descendente em vários níveis na árvore binária de soluções, apresentou bons resultados, com o método descendente em níveis inicialmente se mostrando uma solução que produz bons resultados iniciais em menos tempo. A interface gráfica incorporada no programa permite que o controlador intervenha manualmente na solução encontrada.

Reconhecimentos.

Os autores agradecem ao CNPq (o Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico brasileiro) pela concessão de bolsas de pesquisa e por oferecer suporte financeiro ao projeto do Fundo de Pesquisa em Transporte.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carey, M. (1994) *A model and strategy for train pathing with choice of lines, platforms and routes*. Transportation Research. Vol 28 b, número 5, pp. 333-353.

Ferreira, J. G. (1992) Procedimentos operacionais para o gerenciamento e controle de tráfego ferroviário. (*Operational Procedures for the management and control of railway traffic*) Tese de Mestrado do Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.

Higgins, A.; Kozan, E.; Ferreira, L. (1996) *Optimal scheduling of trains on a single line track*. Transportation research B. Vol 30, n° 2, pp. 147-161

Medeiros, S. R. (1989) Modelo de simulação de tráfego ferroviário. (*Rail traffic simulation model*) Tese de Mestrado do Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.

Nunes, L. S. N. (2004) **Sistema de apoio à decisão ao centro de controle operacional no gerenciamento do tráfego ferroviário** (*Decision support system for the operational control center in the management of rail traffic*). Tese de Mestrado do Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.

Petersen, E. R.; Taylor, A. J. (1982) *A Structured model for rail line simulation and optimization*. Transportation science. Vol 16, n° 2, pp. 192-206.

Rosseto, C. F. (1997) Modelo para programação de despachos de trens em vias singelas. (*Model for scheduling dispatch of trains on single lines*) Tese de Mestrado do Instituto Politécnico da Universidade de São Paulo. Brasil.

Sedrez, C. A. B. (1983) **Impactos decorrentes da circulação de trens especiais**. (*Impacts of circulation of special trains*) Tese de Mestrado do Departamento de Engenharia de Transporte. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. Brasil.

Sahin, I. (1998) *Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management*. Transportation research B vol 33, n° 2, pp. 511-534

Szpigel, B. (1972) Sequenciamento de trens. (*Sequencing of trains*). Tese de Mestrado do Departamento de Engenharia Elétrica, PUC/RJ. Brasil.



ARTICLE 1

A HEURISTIC APPROACH TO THE PROBLEM OF SCHEDULING TRAINS ON SINGLE LINES

Jose Eugenio Leal
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

ARTICLE 1

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento do modelo de programação de um trem que ajuda o centro de controle operacional a administrar o tráfego ferroviário. Este modelo foi projetado para administrar os horários de trem em linhas ferroviárias singelas. O modelo foi desenvolvido com uma principal aplicação em mente, a saber, como uma ferramenta de suporte à decisão para que os despachantes de trem o programem em tempo real. Isso pode ajudar o despachante a resolver conflitos de trens (ultrapassagens e cruzamentos) nos desvios para que alcancem um objetivo predefinido. A aplicação do modelo a um problema "da vida real" tem demonstrado que o modelo heurístico, com uma técnica de ramificação e limite, assim como a técnica de árvore em largura parcial em muitos níveis, é capaz de produzir soluções úteis ao problema.

Palavras-chave: Horário de trem, heurística, linhas singelas.

ABSTRACT

This paper describes the development of a train scheduling model that helps the operational control center in managing railway traffic. This model was designed to manage train schedules on single railway lines. The model has been developed with one major application in mind, namely, as a decision support tool for train dispatchers to schedule trains in real time. It can help the dispatcher to resolve train conflicts (overtaking as well as crossings) at the sidings to achieve a pre-defined objective. The application of the model to a "real life" problem has shown that the heuristic model, with the Branch and Bound technique as well as the partial breadth-first tree search in many levels, is able to produce useful solutions to the problem.

Keywords: Train scheduling, Heuristic, single lines.

1. INTRODUCTION

The main issue in railway traffic control on single tracks is to solve train conflicts. In many railways companies, trains are monitored in traffic operational control centers (OCC) with help of panels that give the location of the trains in almost real time. The main goal of the OCC is to follow pre-determined schedules. In these schedules, based on the departure time of each train, and the travel time between stations, arrival times are projected without considering the waiting times due to crossing and overtakes. These conflicts are solved by the traffic controller in a pragmatic way using his experience and vision, without using any computing aid. The solutions are constructed with help of the time-space graphs drawn by each controller. This is the situation in the Brazilian railway companies and in almost every company in undeveloped countries. As the trains cannot follow the original schedules, the situation changes every day and any unexpected event like a huge delay or accident causes great instability in the traffic. The controller's job is very stressful and the service level is highly dependent on the individual abilities of traffic controllers. The service level can be measured through the total travel time of all the trains.

According to Sahin (1998), the train conflict solution is a combined NP-hard problem with computational complexity $O(2^n)$, where n is the conflict number. This means that the computational time and the memory required to solve this problem grow exponentially with the size of the problem. The size of the problem depends on the number of crossings and overtakes, which depends on the length of the railway line, intensity of traffic, train speeds and their differences and the time horizon considered.

This work presents a model which is based on a heuristic train conflict solution to solve the problem in a polynomial time given a feasible schedule which tries to minimize the total travel time of all trains weighted by a factor that represents train priority. The final solution is the train schedule for a whole day and must be presented in a time-space graph (a traffic diagram) in order to be used as a decision support tool by the operators. With the information in the diagram, the controller has more time to improve the schedule by having a broad vision of the total traffic.

The work is structured as follows: In the second section, the problem to be solved is stated. The third section presents the model description while the fourth section shows its implementation. The fifth section demonstrates the application of the model in an important Brazilian railway company. The sixth section concludes the work by summing up the main results of the work.

2. PROBLEM STATEMENT

A railway line with a single track has a set of inbound and outbound trains. Some trains have higher priorities than others, which means that these trains should have preference when crossing other trains with less priority traveling in the opposite direction. When traveling in the same direction too, conflicts must be solved in the same way. Nevertheless, instead of solving each conflict separately, the issue is to solve all the conflicts in order to achieve a general objective, to be defined later.

The main line has a set of stations where trains start, stop, make scheduled stops, or pass through. The intermediate stations have sidings, which are lines beside the main line where trains may switch, stop and wait for the signal to proceed. Each train has a schedule for departure, pass through, or stop at intermediate stations to do some task and end in the terminal station. This may be expressed in a timetable that implicitly gives the travel time between each station. This schedule is a conflict-free schedule, assuming a train traveling alone in the line. During the operation, this schedule is changed due to delays caused by conflicts.

A conflict happens when two trains attempt to occupy the same line segment at the same time. This may happen in two ways: overtaking for trains in the same direction, and crossing for trains in the opposite direction. Train movements are described in the traffic diagram with the space in the vertical axis and the time in the horizontal axis, as shown in Figures 1 and 2.

The OCC operator solves the conflict by forcing one train to stop at a siding. After the other train leaves the line segment, the stopped train may proceed.

The challenge is to plan a schedule for the trains, considering the train conflicts and solving them to minimize the total travel time weighted by a value that expresses the priority of each train.

This problem has been studied by several researchers.

According to Sahin (1998,) the most widely used methods to solve the problem may be classified into three groups: simulation, mathematical programming and expert systems.

Petersen and Taylor (1982) present a railway simulation model for general use to help schedule a set of trains in real time, with different speeds and priorities. The model may be applied to single and multiple lines and gives as output the train movements, which may be plotted in the traffic diagram.

Ferreira (1992) presents a few operational procedures to support train dispatchers in managing and controlling traffic. The author also describes a technique for the flying crossing (crossing without stopping) of two trains on a single line. Assume a rigid timetable with the departures of trains at successive stations. If one train delays at a station or line segment, this delay may affect arrivals and departures at other stations.

Szpigel (1972) presents a linear programming model that gives an optimum solution regarding train delays. This model aims to resolve the conflict by taking into account train priorities and travel times. The optimum solution is that which gives the least weighted sum of travel times for all trains. For the author, the train scheduling problem is seen as a job-shop scheduling problem, where several tasks must be executed by a set of machines. In Szpiegel's model, travel

time and track segments are considered instead of tasks and machines. Although it is an earlier paper it was addressed by several papers on this issue (Sedrez (1983), Higgins (1996), Sahin (1998), etc).

Sedrez (1983) evaluates the possible impacts produced by the circulation of special trains. These trains should be included in the plan, with less impact on departure and travel times of the regular trains. The author uses Szpigel's approach with a few changes like definition of timetable for each station and the train space-time diagram.

Higgins et al (1966) make different approaches to the problem, giving examples of exact solutions to the problem, using branch and bound, and heuristics methods as genetic algorithms and tabu search. The main goal is to minimize the total travel time weighted by train priorities. The model considers different speeds for each train, the maximum speed at each line segment, the minimum distance between trains and train priorities.

Rosseto's (1997) model is a heuristic model that seeks the optimum solution for train conflicts and was implemented as part of a simulation model for the Caraja railway in Northern Brazil. The heuristic model tries to assign the occupancy in the line segments, taking into account the order of priority with the objective of minimizing the total stoppage time. The conflicts are solved in a chronological order. The inputs for the problem are the scheduled departure times and travel times in each line segment.

3. MODEL DESCRIPTION

The inputs for this model are the timetable with all departures for the initial station, arrival and departure time at each intermediate station and the arrival at the terminal station.

The initial conflict-free schedule has n trains, each train i starts from station ini_i and ends at station fim_i. The line has nest stations, including the initial and final stations. Since it is a single line, trains may travel in both directions. This work assumes the direction of increasing distance as positive and the opposite as negative. A variable $indtrem_i$, associated to each trem i defines the train direction.

Train travel is defined by the time of arrival at each line segment between two stations in its travel direction. For each train i the moment of arrival at the segment just after the station j is stored in variable $tvia_{i,j}$. Therefore, *tvia* is a matrix with the lines representing trains and columns representing stations. It is important to note that the variable *tvia* must be very carefully defined to avoid misunderstanding. Here, it is assumed that for the last station of a train journey, the variable gives the arrival at the terminal. Each train i may have a scheduled stop at station j. This time is stored in the variable $tpar_{i,j}$. Each train may also have a priority $prior_i$, which is a relative weight as an indicator of its importance.

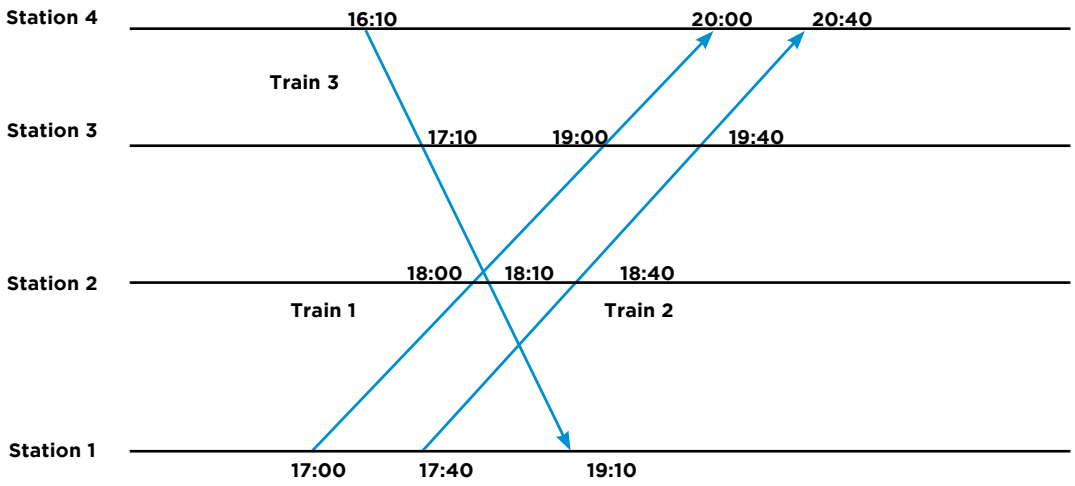
Based on input variables, the occupancy time in each line segment forward station j is given in the variable $ocup_{i,j}$.

Tvia, *tpar* and *ocup* are matrices with the trains in the line index and the stations in the column index. During the procedure, the resolved conflicts may result in delays at the time of entry of a train in segment i after the station j. This value is stored in the variable $atraso_{i,j}$.

Let's see an example of the modeling, and identifying the problem and solving the conflicts.

A schedule of trains is given before the solution of the conflicts. This is depicted in Figure 1, with three trains and four stations with three line segments.

Figure 1: A given schedule of trains.



The Tvia matrix for this schedule is:

Train\Station	1	2	3	4	Ind
1	17	18	19	20	+1
2	17:40	18:40	19:40	20:40	+1
3	19:10	18:10	17:10	16:10	-1

The last column (Ind) gives the direction of each train. For this *tvia* matrix, the corresponding *ocup* matrix, which is the same for all the trains in all the segments, is given below. Note that there is no value for the terminal station since the values correspond to occupation in the segment just after the station, in the travel direction.

Train\Station	1	2	3	4	Ind
1	1	1	1		+1
2	1	1	1		+1
3		1	1	1	-1

In the matrix, the conflicts are found by analyzing each train (line *i*) at each station (column *j*). One train is taken in a given station. For trains in the same direction, a conflict is found if any train has a time in the same column, which is between the time of train *i* in column *j* and this time plus the *ocup* time in the same cell of the *ocup* matrix.

For trains in the opposite direction, the conflict is detected if the time in column j + indtrem b is between the time of train *i* in column *j* and this time plus the *ocup* time in the same cell of the matrix.

Analyzing the matrix, the following conflicts are found:

Train 1 X *train 2* in stations 1, 2 and 3. The earliest conflict happens at 17:40.

Another conflict is between *train 1* X *train 3* in station 2, for train 1 and station 3 for train 3, at 17:10. Other conflicts exist but not before this. Following the strategy selected, the first conflict in time has to be solved.

This conflict may be solved by delaying *train 1* by 10 minutes at *station 2*, till 18:10, or by delaying *train 3* by 1:50 minutes at *station 3*, till 19:00. If *train 1* is delayed, this delay must be propagated to the following stations. In this case, the new matrix after the solution of this conflict is:

Train\Station	1	2	3	4	Ind
1	17	18:10	19:10	20:10	+1
2	17:40	18:40	19:40	20:40	+1
3	19:10	18:10	17:10	16:10	-1

Now, the first conflict found is between *train 1* X *train 2* at *station 1* at 17:40. This conflict may be solved by delaying *train 1* by 40 minutes at *station 1* till 17:40, or by delaying *train 2* at *station 1* by 20 minutes, till 18:00. At this time, the segment between *stations 1 and 2* will be free. If the second alternative is chosen, the matrix *tvia* will have the following status:

Train\Station	1	2	3	4	Ind
1	17	18:10	19:10	20:10	+1
2	18:00	19:00	20:00	21:00	+1
3	19:10	18:10	17:10	16:10	-1

The next conflict is between *train 2* X *train 3* at *station 1* for *train 1* and *train 2* for *train 3*. This can be solved by delaying *train 1* at *station 1* till 19:10, or by delaying *train 3* at *station 2* till 19:00. If the first alternative is chosen, the *tvia* matrix will have the following values:

Train\Station	1	2	3	4	Ind
1	17	18:10	19:10	20:10	+1
2	19:10	20:10	21:10	22:10	+1
3	19:10	18:10	17:10	16:10	-1

Now the *tvia* matrix is conflict-free. The time-space diagram for the train schedule is given in Figure 2. Nevertheless, it cannot be affirmed that this is the best solution, especially if the matrix has bigger dimensions. Figure 3 shows the binary decision tree for the problem, until a conflict-free solution is found.

Figure 2: A conflict-free solution for the example.

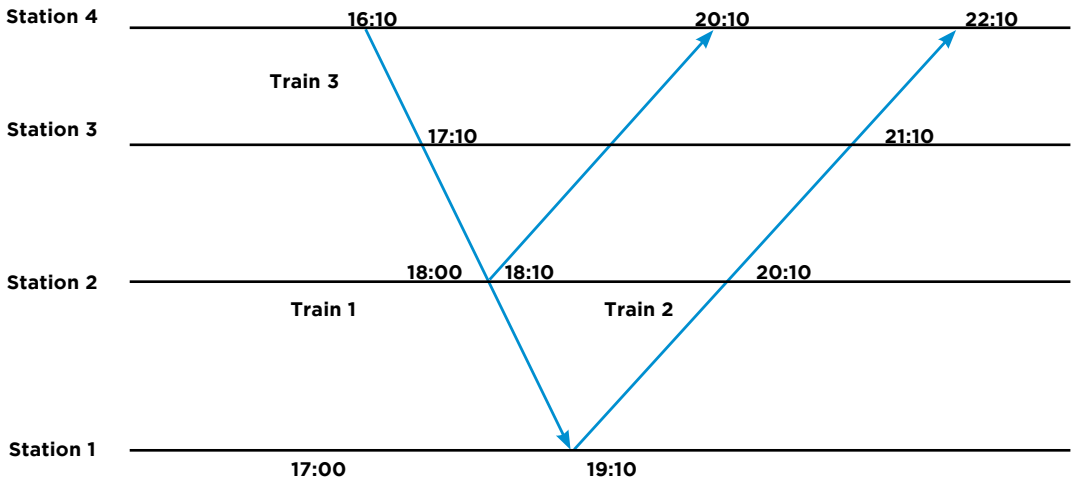
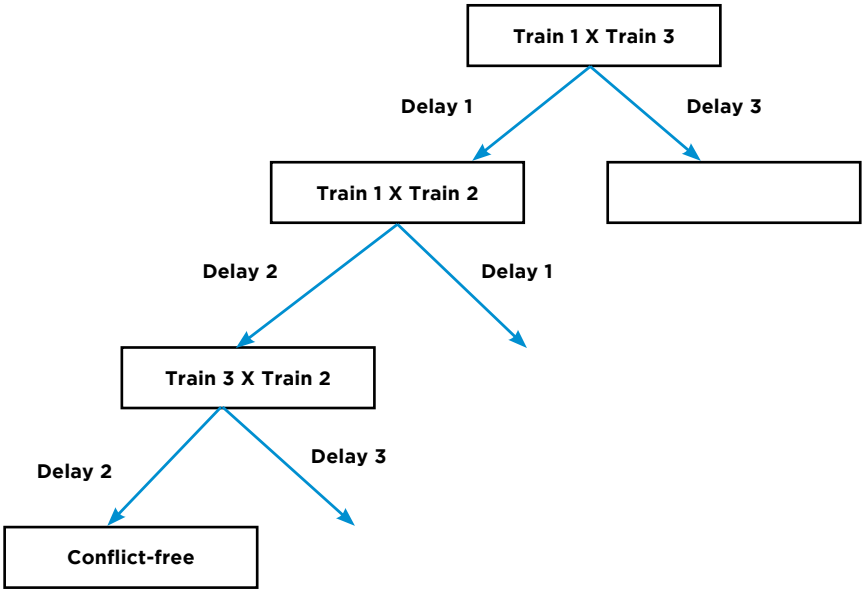


Figure 3: The binary decision tree for the train scheduling problem.



3.1 Conflict identification.

A conflict occurs for trains traveling in the same direction when a reference *train i* is on a line segment and another *train j* in the same or opposite direction tries to enter the same line segment, while the first train is still on it. The line segment identification in the matrix is straight and each entry station *icol* for *train i* corresponds to the same station *icol* of *train j*, in potential conflict.

For trains in opposite directions, the entry stations do not correspond likewise. A reference *train i* in positive direction, enters the line segment after station *icol*, while the potential conflicting train will be in the opposite direction at station *icol+1*. In the reverse situation, the reference train in *icol* will be in conflict with an opposite train at station *icol-1*. In general, for trains in opposite direction, the entry station of the opposite *train j* is: $icol\text{-}indtrem_j$.

Identification of the conflict type is given by the product of $indtrem_i$ x $indtrem_j$. If this value is positive, then the trains have the same direction; otherwise they are in opposite directions.

1 $$\begin{cases} se\ indtrem_i * indtrem_j = 1 : Mesma\ direção \\ se\ indtrem_i * indtrem_j = -1 : Direção\ oposta \end{cases}$$

The entry station for train j may be denoted by jcol. It gets the following values:

2 $$\begin{cases} jcol=icol \ \ para\ trens\ na\ mesma\ direção \\ jcol=icol - indtrem_j\ para\ trens\ na\ direção\ oposta \end{cases}$$

A conflict occurs if:

3 $$tvia_{jlin,icol} < tvia_{j,jcol} < tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol}$$

or if:

4 $$tvia_{jlin,icol} < tvia_{j,jcol} + ocupa_{j,jcol} < tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol}$$

A conflict is solved by delaying one of the trains. This may be done with the *train ilin* (the reference train) or with *train j*. The two alternatives imply a delay for *train i* at *station j*, expressed by the variable $\mathbf{atraso_{i,j}}$. These are:

a. To force *train j* to enter the line segment after *train ilin* leaves the segment. Therefore:

$$atraso_{j\ ,icol} = tvia_{jlin,icol} + ocupa_{jlin,icol} - tvia_{j,jcol} \quad (5)$$

b. Let *train ilin* enter the segment after the *train j* leaves the segment. In this case, *ilin* has a delay:

$$atraso_{jilin\ ,icol} = tvia_{j,icol} + ocupa_{j,icol} - tvia_{ilin,jcol} \quad (6)$$

The conflicts may be treated by following two alternative criteria: Scanning in space or scanning in time. In the first case the line is scanned in a predetermined direction and the first conflict found is solved each time. In the second case, the conflicts are solved following the time of their occurrence.

Several authors (Higgins, 1996 and Szpiegel, 1972) suggest the advantages of making a time scan. By doing so, the effects of this solution will be propagated to other trains later. This propagation may happen before or after the conflict is solved. By doing a space scan, the solution of a conflict may propagate to locations before the actual point requiring several loops in the process. Therefore, a time scan was selected in this model.

3.2 Delay propagation or absorption.

Delays at stations do not always sum up and propagate to the following stations. In fact, delays experienced by a train at a station, with a delay smaller than the other delays in further stations will be absorbed by the subsequent delays. Therefore, the delay occurring at a station will be compared with the subsequent delays at later stations in the train's

direction up to the terminal station. Therefore, a delay of *train i* at a *station j* will be given by the expression:

7 $atraso_{i,j} = máx\ (atraso_{i,j}, atraso_{i,j+1})$

3.3. A solution procedure.

The problem is to define a train schedule by solving the conflicts, taking into account the train priorities in order to minimize an objective function. The most used function in previous works is the minimization of delays weighted by train priorities. This function may be expressed as the sum of delays and the sum of arrival times weighted by train priorities. This second function is equal to the first including the constant of the sum of departure times of all trains.

This function may be written as:

8 $$Min\ F = \sum_{i=1}^{ntrem} tvia_{i,fim_i} * prior_i$$

The naiv blind solution procedure is described in the following steps:

Step 0: An initial solution is the actual infeasible solution ignoring the conflicts.

While a good solution is not found, do:

Step1: Take an actual solution.
Step2: While conflicts exist, do:
2.1 Identify a conflict
2.2. Identify the reference train, its direction and the reference line segment.
2.3. Identify the conflict train and its direction.
2.4. Calculate the delay for the conflict train.
2.5. Calculate the delay for the reference train.
2.6. Search for the smaller delay.
2.7. Recalculate the delayed train's timetable from the actual station till its terminal station.
End Step 2.
Step 3: Calculate the objective function.
Step 4: Compare with other solutions:
End While.

This solution corresponds to making a depth first search in the decision tree. Another procedure is designed by basically using the 'branch and bound' concept and doing a solution search at several levels of the decision tree.

The solution procedure has as parameter the number of levels in the binary tree to be searched in each step. The variable level denotes this number. This means that a specified number of combinations ($2^{level-1}$-1) will be calculated and evaluated at each step. This will be done till a final solution is found.

Initially, the starting position in the decision tree is 1. After each step it will be one of the positions at the lowest level that has the best actual value of the objective function. This position will be redefined as number 1 and a new sub-tree is built.

For each combination of solutions, a routine is called to process the conflicts. It may be summarized as follows:

1. Search the first conflict in time.
2. Identify the conflict, the trains, the type of conflict and the location of each train.
3. Test both the alternatives for the delays and, for each train to be delayed, do:
   - Call a routine that verifies if there is a free siding.
   - If not, go backwards (in the train direction) one station at a time until a siding is found where the train may stop.
4. Calculate the delay and the propagation of the delay.
5. Calculate the actual value of the objective function and store the solution.

4. MODEL IMPLEMENTATION

The proposed model was implemented in Delphi language. An initial graphical output was designed using an Excel sheet. In a further development, an integrated graphical display was also implemented in Delphi. In this new version, a facility was developed that allows the user to change the solution by manipulating the train conflict solution given by the program. The user may do a local change of the solution and calculate the new solution. The user may choose what pair of trains in a given station to change, force a train that has passed by the station to stop and a train that has stopped to proceed without stopping.

The train to be advanced must have two time records at the same station, and the second train must pass through the station during the stay of the first, that is, after arrival and before departure of the first train.

Another issue is to represent the line interruption due to maintenance. This is done by creating a train with infinite priority weight, with a travel time corresponding to the duration of the maintenance. Therefore this fictitious train will not stop and occupy a siding. This train will use the line segment at the time of maintenance.

The model was tested with a line signaling system that allows one train in each segment between two stations. Nevertheless, the representation of the signal blocking system is straightforward - simply define a station without sidings for each signal position. Therefore, trains in the opposite direction may not enter the segment.

5. EXAMPLES OF APPLICATION

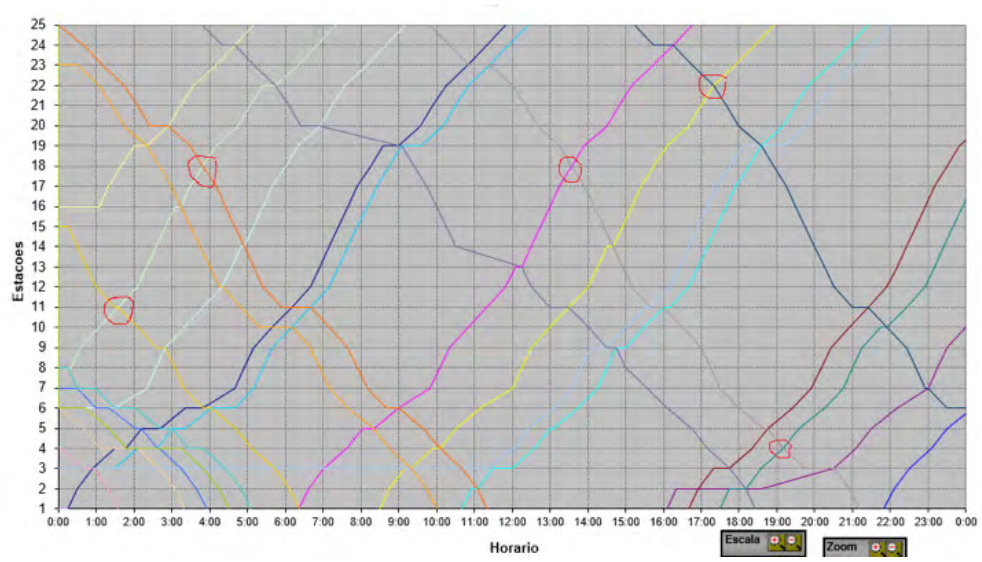
The method was applied at a principal railway line in southeastern Brazil. The railway company serves the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro and São Paulo.

Data was obtained from the space-time diagram filled by the traffic controller. It is given below:

Number of trains: 25
Number of stations: 25
Train priorities 1.

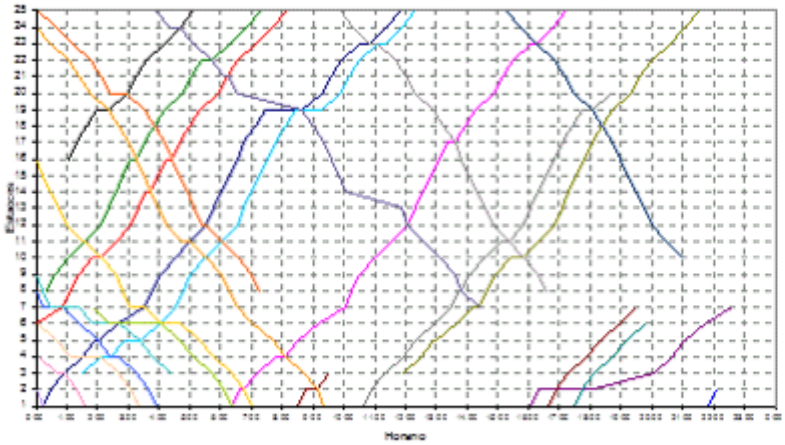
One example of unfeasible solution is depicted in Figure 4. Here, unsolved conflicts may be observed by a train crossing in segments between stations, indicated with a circle. The scheduled stops are identified by a horizontal line in the diagram.

Figure 4: Example of unfeasible train schedule.



To solve the sequence of train conflicts, two different approaches were used. In the first, a heuristic procedure was implemented with help of the 'branch and bound' technique suggested by Higgins (1996). The second method explores the solution space in the binary tree. At each step, several levels of the binary tree are explored and the best solution is selected. A new step begins again, searching for the best solution at several levels. The number of descent steps in the tree is a parameter of the procedure.

Figure 5: Example of a solution using the Branch & Bound Technique



Trem	Parte	Chega
1	0:15	11:50
2	6:22	17:15
3	8:30	9:32
4	10:40	18:40
5	16:05	22:35
6	16:40	19:30
7	17:30	19:50
8	21:50	22:05
9	1:30	12:20
10	0:02	8:10
11	0:20	7:20
12	1:05	8:10
13	11:55	21:35
14	0:05	1:35
15	0:15	0:15
16	0:02	3:20
17	0:00	3:55
18	0:00	4:22
19	1:52	6:22
20	0:15	7:02
21	0:30	9:22
22	0:40	7:17
23	3:50	14:25
24	9:50	16:35

The total travel time for the solution implemented by the railway company was 24,015 minutes, compared with 17,482 minutes and 17,477 minutes from the two heuristic methods. This represents a substantial improvement over the results the company obtained using empirical methods.

Using a search with five descent steps in the tree, the solution was found to be 22,085 minutes, which represents a saving of 8% in the total time.

6. CONCLUSION

The proposed model seeks to fill a gap that exists in the control and dispatch of trains by offering the traffic controller a tool that helps to resolve conflicts and, consequently, schedule trains. Traffic controllers coordinate the circulation of trains and route maintenance vehicles, control and prepare train schedules, besides managing the railway station and controlling the operations of railway yards and terminals. The problem of preparing schedules is, therefore, quite complex and the current empirical method of solving the problem does not usually provide reliable solutions. All these routine activities also involve a great deal of attention and stress, which causes errors or faults in train schedules. This tool seeks to minimize these faults and, together with the experience of the controllers, provide better results for the journey times.

The biggest contribution of this work, thus, is in presenting a simple heuristic procedure to resolve conflicts in train schedules. In railways, this process is closely related to the level of service provided to customers. Unscheduled stoppages in the hourly grid of trains cause delayed arrival of trains at their destinations. At present, trains are scheduled manually and the traffic diagram is prepared in real time, without any possibility of unscheduled stoppage till it actually happens. Controllers use their experience to decide the unscheduled stoppages in the train grid and there is no computational tool available in the operational control center of the companies to help in the dispatch of trains.

This model can be integrated to the automated systems of the Operational Control Center at railway companies, which will provide the controller an overall view of all the movement in the railway line and a graph of the trains that are free of conflicts. Thus, at the beginning of each day, one can estimate all the stoppages caused by crossing and overtaking.

Application of the model to an actual problem presented in section 4 showed that the procedure is on course to reliable solutions, providing lesser travel time than currently obtained by the railway company. The solution used by the railway company, based only on the experience of controllers, had a travel time greater than that suggested by the model.

With regard to the computational techniques employed both the Branch & Bound technique and the method of descent at various levels in the binary tree of solutions, produced good results, with the method of descent at levels initially proving to be a solution that produces good initial results in less time. The graphical interface incorporated in the program allows the controller to manually intervene in the solution arrived at.

Acknowledgements.

The authors thank CNPq (the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development) for granting research scholarships and providing financial support to the project from the Transport Research Fund.

7. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Carey, M. (1994) A model and strategy for train pathing with choice of lines, platforms and routes. *Transportation Research*. Vol 28 b, number 5, pp. 333-353.

Ferreira, J. G. (1992) *Procedimentos operacionais para o gerenciamento e controle de tráfego ferroviário*. (Operational Procedures for the management and control of railway traffic) Masters Degree thesis of the Industrial Engineering Department. PUC/RJ. Brazil.

Higgins, A.; Kozan, E.; Ferreira, L. (1996) Optimal scheduling of trains on a single line track. *Transportation research B*. Vol 30, No.2, pp. 147-161

Medeiros, S. R. (1989) *Modelo de simulação de tráfego ferroviário*.(Rail traffic simulation model) Masters Degree thesis of the Industrial Engineering Department. PUC/RJ. Brazil.

Nunes, L. S. N. (2004) **Sistema de apoio à decisão ao centro de controle operacional no gerenciamento do tráfego ferroviário** (Decision support system for the operational control center in the management of rail traffic). Masters Degree thesis of the Industrial Engineering Department. PUC/RJ. Brazil.

Petersen, E. R.; Taylor, A. J. (1982) A Structured model for rail line simulation and optimization. *Transportation science*. Vol 16, No.2, pp. 192-206.

Rosseto, C. F. (1997) *Modelo para programação de despachos de trens em vias singelas*.(Model for scheduling dispatch of trains on single lines) Masters degree thesis of the Polytechnic Institute of the University of São Paulo. Brazil.

Sedrez, C. A. B. (1983) ***Impactos decorrentes da circulação de trens especiais***. (Impacts of circulation of special trains) Masters Degree thesis of the Transport Engineering Department. Military Engineering Institute. Rio de Janeiro. Brazil.

Sahin, I. (1998) Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management. *Transportation Research B* vol 33 pp 511-534

Szpigel, B. (1972) *Seqüenciamento de trens*. (Sequencing of trains). Masters Degree thesis of the Electrical Engineering Department, PUC/RJ. Brazil.



ARTIGO 2

REVISITANDO O MODELO DE LEILÃO LPVR PELA ABORDAGEM DE OPÇÕES REAIS

Carlos Bastian Pinto
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

Naielly Marques
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

RESUMO

Os leilões cujos lances são baseados no menor valor presente de receita, conhecidos como leilões LPVR (*Least Present Value of Revenue*), foram inicialmente considerados como uma solução para a melhor divisão do risco entre a concessionária e reguladores nas concessões de rodovias pedagiadas. No entanto, a sua implementação tem sido pouco frequente, principalmente devido à forte oposição das concessionárias que não veem uma compensação justa para a assimetria de risco de demanda. Revisamos e analisamos os leilões LPVR e outras abordagens semelhantes, como as concessões com prazo flexível (FTC – *Flexible Term Concessions*), e propomos um modelo de opções reais que leva em consideração as vantagens do LPVR, mas reduz a assimetria de risco através do tratamento das incertezas e flexibilidades de uma forma mais informativa e aplicável.

Palavras-chave: concessões, opções reais, infraestrutura.

ABSTRACT

Auctions where bids are based on the lowest present value of revenue, known as LPVR (Least Present Value of Revenue) auctions, were initially regarded as a solution to demand risk sharing between concessionaire and regulators in toll road concessions. Yet implementation has been infrequent, mostly because of the strong opposition by concessionaires who do not see an equitable compensation for the demand risk asymmetry. We review and analyze the LPVR auctions and other similar approaches, such as Flexible Term Concession (FTC), and propose a real options model that considers the advantages of the LPVR but reduces the risk asymmetry by treating the uncertainties and flexibilities in a more informative and applicable way.

Keywords: concessions, real options, infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura dos leilões LPVR (*Least Present Value of Revenue*) propõe que em vez de uma licitação reversa sobre o valor da tarifa (pedágio) ou pagamento de uma outorga ao governo, as empresas privadas devem competir no valor presente total das receitas que desejam adquirir ao longo da concessão de uma rodovia pedagiada (ENGEL, FISCHER e GALETOVIC, 2001). O leilão sob a lógica do LPVR, então, afirma que assim que esse valor for atingido, o prazo da concessão termina e os ativos voltam ao poder público.

O objetivo de um investidor privado ao participar de uma concessão de rodovia pedagiada é buscar o retorno do capital investido, considerando questões como o prazo de realização do investimento e, principalmente, o risco financeiro, que pode variar em função do ambiente regulatório, da incerteza da demanda ou do risco político do país. Isso geralmente se traduz em uma taxa de desconto ajustada ao risco, usada para tomar decisões de investimento baseadas na Taxa Interna de Retorno (TIR) ou no Valor Presente Líquido (VPL) do projeto. Outros aspectos que podem influenciar esses objetivos geralmente estão relacionados às flexibilidades gerenciais que podem estar presentes no projeto, como garantias governamentais, opções de abandono e de expansão, ou questões de investimento estratégico.

Por outro lado, o governo tem por objetivo o bem-estar público, seja tanto pela oferta de uma nova infraestrutura de transporte para a sociedade quanto uma outorga financeira da concessionária como lance de decisão, rendendo ao projeto o maior valor ofertado nos leilões. Outra forma de leilão praticada é a licitação reversa sobre o valor da tarifa (pedágio), onde se busca determinar a concessionária que aceitará o nível de renda mais baixo para seu investimento. Outros ainda consideram um pedágio pré-definido, mas com a concessionária competindo pelo menor prazo de concessão. Em todos esses casos, a concessão é atribuída ao candidato que aceita receber o menor valor de retribuição, contrário aos seus próprios interesses.

A proposta dos autores do modelo LPVR aponta que essas formas de leilão não alocam o risco corretamente entre as partes e que frequentemente os contratos são renegociados quando, por exemplo, a demanda é menor do que o esperado, afetando o retorno para a concessionária. Engel *et al.* (2001) argumentam que o LPVR garante o retorno para a concessionária e ao mesmo tempo maximiza a utilidade do regulador, visto que assim que o retorno do concessionário é obtido, a outorga volta para o regulador. Algumas das premissas desse modelo de leilão são revisadas por Nombela e De Rus (2004), mas os princípios básicos permanecem os mesmos e seu modelo também possui fragilidades no que diz respeito a sua implementação prática. Vassallo (2010a) mostra que o esquema LPVR traz uma assimetria no perfil de risco, uma vez que a cauda superior positiva da distribuição de retorno é limitada, enquanto a cauda inferior não. Portanto, os ganhos potenciais para a concessionária são substancialmente limitados, enquanto as perdas não o são.

Neste artigo, discutimos as premissas nas quais o LPVR baseia-se e propomos uma modelagem que considere os princípios do LPVR, mas trate as incertezas e flexibilidades de uma forma mais prática e informativa, através da metodologia

de opções reais. Isso permite modelar as flexibilidades e trazer uma forma de equilíbrio de alocação de risco para ambas as partes envolvidas, corrigindo a Este artigo está organizado da seguinte forma: após esta introdução, apresentamos uma revisão da literatura cobrindo o campo de estudo desta pesquisa. No Capítulo 3, comentamos e discutimos os princípios e aspectos do modelo LPVR mostrando suas vantagens, bem como suas falhas de implementação. No Capítulo 4, propomos um modelo de avaliação desse tipo de leilão baseado na abordagem de opções reais. Finalmente no Capítulo 5 concluímos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Engel *et al.* (2001) foram os primeiros a mostrar que os contratos de concessão com prazo fixo e pré-determinado não alocam o risco de demanda de forma otimizada. Neste estudo, eles propõem o modelo de leilão LPVR, que protege a incerteza de receita enfrentada pela concessionária por meio de um prazo contratual flexível. Se a demanda for baixa, o prazo da concessão é prorrogado e, se for maior do que o esperado, o prazo é reduzido. Nombela e De Rus (2004) estendem o modelo de leilão LPVR e propõem um novo tipo de leilão baseado em um contrato de prazo flexível e em lances de receita líquida total e de custos de manutenção, denominado *Least Present Value of Net Revenue* (LPVNR). Seus resultados mostram que esse mecanismo permite eliminar o risco de tráfego e promover a seleção de concessionárias mais eficientes.

Vassallo (2010b) avalia o efeito que a taxa de desconto, a qual é estabelecida pelo governo no modelo de leilão LPVR, tem no cálculo do risco de tráfego o qual é alocado à concessionária. Usando um modelo matemático, o autor encontra uma relação inversa entre essas duas variáveis e conclui que, embora o LPVR pareça uma abordagem muito interessante, sua implementação prática tem sido pouco frequente, principalmente devido à forte oposição por parte das concessionárias. Rouhani *et al.* (2018) analisam os principais mecanismos de compartilhamento de risco de receita desenvolvidos em todo o mundo. Em relação à abordagem do LPVR, os autores afirmam que este modelo de leilão permite reduzir a probabilidade de renegociações, mas pode não ser tão interessante para os agentes privados quando estes são responsáveis pela qualidade ou segurança das estradas, uma vez que nesse caso eles podem influenciar o nível de uso, e consequentemente, a sua receita.

Uma pesquisa desenvolvida por Vassallo (2010a) mostra que o principal motivo para a escassa implantação de contratos de prazo flexível está na forte oposição do setor privado em aceitar um mecanismo cujo perfil de risco é assimétrico, em que os ganhos potenciais para a concessionária são substancialmente limitados, enquanto as perdas potenciais não são limitadas no mesmo grau. Por exemplo, entre os 26 projetos de estradas que foram concedidos no Chile até 2006, apenas quatro foram licitados e apenas dois foram adjudicados com sucesso sob esta abordagem (VASSALLO, 2006). Segundo esse autor, a resistência em implementar esse mecanismo ocorre porque, para a concessionária, o modelo LPVR não melhora a capacidade do projeto de cumprir seus compromissos com os credores, torna a operação da concessão difícil de organizar, e limita a rentabilidade positiva da concessionária.

Albalate e Bel (2009) comparam os benefícios de permitir contratos de prazo flexível em vez de fixar um prazo rígido em projetos de concessão usando dados reais das mais antigas rodovias espanholas com pedágio. Seus resultados mostram que, se houver um aumento inesperado do tráfego, o prazo de concessão será menor, o que reduzirá drasticamente os benefícios do agente privado. Xiong, Zhang e Chen (2015) abordam a questão da compensação à concessionária em uma concessão rescindida antecipadamente. Os resultados mostram que este mecanismo pode melhorar a precisão da medição das incertezas presentes em um projeto de infraestrutura e fornecer um sistema de compensação justo para salvaguardar os benefícios dos agentes públicos e privados.

Carbonara, Costantino e Pellegrino (2014) argumentam que a determinação do período de concessão precisa ser gerenciada de forma a fornecer uma condição benéfica para ambas as partes envolvidas na concessão. Como solução, propõem um modelo baseado em simulação de Monte Carlo para determinar o período ótimo de concessão. Seus resultados demonstram que o período de concessão é capaz de garantir um lucro mínimo e uma alocação de risco justa. Jin *et al.* (2019) também desenvolveram um modelo que usa a simulação de Monte Carlo para atingir esse mesmo objetivo. Suas descobertas evidenciam que a duração ideal de um período de concessão deve ser longa o suficiente para controlar o lucro dos investidores privados dentro de uma faixa razoável, ao mesmo tempo em que consegue uma alocação justa do risco financeiro entre governos e investidores privados.

Em um trabalho que analisa especificamente as extensões de prazos de contratos, Contreras e Angulo (2018) usam a abordagem de opções reais para determinar o custo de oportunidade para o governo das extensões de prazos de concessão e concluem que esses custos podem ser elevados em alguns casos.

Além das prorrogações dos prazos dos contratos, Xiong e Zhang (2014) também analisam duas outras medidas de compensação como o reajuste de pedágio e o subsídio anual ou reajuste de pagamento unitário. Os autores desenvolvem um modelo de compensação quantitativa para avaliar se renegociações de contratos são viáveis em concessões, considerando que a demanda de tráfego futura e os custos de operação e manutenção são variáveis estocásticas. Eles concluem que o modelo proposto permite aos governos compararem diferentes medidas de compensação e selecionarem a mais adequada para cada projeto.

Jin *et al.* (2019) abordam o problema de otimização do nível de garantias de receita mínima (MRG – Minimum Revenue Guarantees) e a duração do período de concessão para atender aos interesses de ambas as partes, pública e privada, nos contratos de concessão. Eles propõem um modelo de negociação de informações imperfeito baseado na abordagem de opções reais e mostram que a duração do período de concessão é inversamente proporcional ao nível do MRG, e essa correlação é influenciada pela probabilidade de atingir a taxa de retorno de equilíbrio do investimento. Lv et al. (2014) também desenvolvem um método que considera opções reais e a teoria dos jogos para determinar o período de concessão ideal para projetos de concessão do tipo BOT (Build-Operate-Transfer) com subsídios governamentais. Usando um projeto chinês como exemplo numérico, eles descobrem que esse método permite definir o período de concessão ideal, especialmente quando subsídios do governo são necessários para tornar o projeto financeiramente viável.

Marques, Bastian-Pinto e Brandão (2021) argumentam que os contratos de infraestrutura flexíveis podem superar a dificuldade de prever com precisão como as condições de mercado e a demanda evoluirão ao longo do prazo da concessão. Nesse sentido, eles propõem um modelo que combina decisões de expansão de

capacidade com extensões de prazos condicionais e modelam essa flexibilidade sob a abordagem de opções reais e a incerteza do valor do projeto como uma Ponte Browniana. Seus resultados indicam que essas políticas podem ser úteis para atrair investimentos privados em projetos públicos de infraestrutura. Cruz e Marques (2013) também propõem um modelo de opções reais para avaliar os benefícios do desenvolvimento de um contrato flexível. Eles analisam o caso de uma concessão hospitalar e verificam se é possível encontrar uma estrutura contratual que maximize a relação custo-benefício quando as incertezas e flexibilidades são levadas em consideração na avaliação do projeto.

3. MODELO DE LEILÃO LPVR

Engel *et al* (2001) consideram que, devido à escassez de recursos, o governo necessita de investimentos privados para construção de infraestrutura, os quais são compensados por uma tarifa de uso da concessão por tempo definido. Eles também assumem que muitas vezes é desconsiderado o fato de que as previsões de tráfego de médio e longo prazo são muito imprecisas, o que leva a uma incerteza significativa da projeção de demanda. No entanto, o modelo é baseado em uma análise estática de demanda ao longo da vigência da concessão.

Eles argumentam que os princípios são válidos mesmo que a demanda seja afetada, e essa premissa é baseada no princípio da tarifa de congestionamento (*congestion toll*). De acordo com Engel et al. (2001), a tarifa de congestionamento é o preço que induz os motoristas a internalizarem o congestionamento de forma otimizada, na ausência de uma restrição de autofinanciamento. Por este princípio, a rodovia sempre será usada em sua capacidade máxima e isso é atingido definindo a esta em um nível que atrairá um número de motoristas próximo ao congestionamento. Logo, sendo P* o pedágio de congestionamento e Q(P) a demanda correspondente, o valor presente das receitas (PVR) pode ser definido pela equação (1):

$$PVR = \int_0^T P^*Q(P)e^{-kt}dt \qquad (1)$$

Isso também pressupõe que o leilão é competitivo e que o vencedor terá que aceitar o menor valor possível de PVR. Também é esperado que esse valor seja igual ao valor a ser investido na concessão, I. Logo: PVR – I = 0, e o retorno do investimento será igual à taxa de desconto prevista pelo ente regulador (k).

O modelo considera que a rodovia será construída antes que a demanda Q se revele. Mas, como o equilíbrio acima deve ser mantido (PVR – I = 0), então, ao licitar o LPVR, o candidato à concessão assume o risco de superestimar ou subestimar o nível de demanda e, portanto, a capacidade da rodovia a ser construída. Ou seja, o valor de I. A única contribuição do regulador neste nível é que, no regulamento do leilão, ele define a taxa de desconto (k) pela qual as receitas serão descontadas, bem como os níveis de tarifa de congestionamento para os diferentes estados da demanda.

Uma das falhas desse modelo é que ele ignora a verdadeira estrutura de valorização do fluxo de caixa. Engel *et al.* (2001) assumem que as receitas são líquidas para a concessionária e que os custos de operação e manutenção são

comparativamente pequenos e que, por isso, podem ser ignorados.

Esse problema foi parcialmente corrigido por Nombela e De Rus (2004), que assumem apenas a estrutura de custos fixos em seu modelo revisado denominado LPVNR, e propõem que o problema acima seja corrigido, repassando para as concessionárias todo o risco de demanda. Eles afirmam que uma das características mais notáveis do leilão LPVNR é que as concessionárias não precisam depender de nenhuma estimativa de tráfego para calcular seus lances. Isso elimina o viés para a seleção de candidatos otimistas detectado nos leilões tradicionais de concessões.

No entanto, mesmo essa alternativa pode ser considerada irrealista. Para além dos custos fixos, qualquer operação de infraestrutura incorre em custos variáveis significativos, como impostos sobre o rendimento, depreciação e investimentos de manutenção que são necessários para manter a qualidade do serviço prestado. Mostraremos que apenas considerando os custos fixos, a proposição do modelo LPVR de nenhum risco para a concessionária no caso de menor demanda e, portanto, de longo prazo, não é verdadeira, pois isso pode render um VPL negativo.

O princípio do pedágio de congestionamento também é de difícil implementação, pois implica no seguinte efeito: se a demanda aumentar como efeito de maior bem-estar, a solução seria aumentar o pedágio, visando manter o congestionamento dentro da capacidade rodoviária original. A verdadeira proposta de bem-estar seria, neste caso, expandir a capacidade das estradas, mantendo as tarifas em um nível acessível. Do outro lado do espectro da demanda, se a demanda se revelar insuficiente para cobrir o retorno do investimento, a concessão durará para sempre. Novamente, isso não é do interesse público e nem é viável para a empresa privada, visto que, ao contrário do cálculo do LPVR (que considera apenas a receita), os fluxos de caixa provavelmente serão negativos, ou pelo menos abaixo do investimento realizado em valor presente. Portanto, nenhuma concessionária racional manterá tal empreendimento em andamento e provavelmente entrará em renegociações.

4. ABORDAGEM POR OPÇÕES REAIS

Diante disso, propomos desenvolver um modelo que considere alguns dos pontos positivos dos modelos de leilão LPVR ou LPVNR, mas que se ajuste a aspectos de implementação mais realistas.

Embora a demanda de tráfego Q seja uma variável importante de qualquer investimento em infraestrutura, ela é amplamente ignorada no investimento ex-ante no modelo LPVR. Isso não é apenas irreal, mas também impraticável, uma vez que a capacidade rodoviária projetada é resultado direto do investimento de capital e, portanto, será o principal impulsionador da oferta em qualquer leilão. Nesse sentido, nosso modelo deverá usar um processo estocástico para simular possíveis caminhos de realização futura do tráfego. Como é padrão na literatura (LI e CAI, 2017), assumimos que o tráfego segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB), como mostra a equação (2):

(2) $$dQ_t = \mu Q_t dt + \sigma_Q Q_t dz_t$$

onde dQ_t é a variação incremental do tráfego no intervalo de tempo dt; μ representa a taxa de crescimento esperada do tráfego σ_Q é a volatilidade do tráfego; e $dz_t = \varepsilon\sqrt{dt}$ representa o incremento padrão de Wiener, no qual $\varepsilon \approx N(0,1)$.

Em um segundo nível, nosso modelo considera as flexibilidades como opções reais com as quais a concessionária reagirá à demanda, ou às incertezas do mercado, maximizando não só o valor da concessionária, mas também a utilidade do regulador, já que seu objetivo principal deve ser o de prover infraestrutura no valor ou tarifa mais adequada. A principal consequência da incorporação de opções reais em um esquema de leilões LPVR é corrigir a assimetria de risco de demanda apontada por Vassallo (2010a), que parece ser o principal motivo da forte oposição do setor privado em aceitar tal esquema. Dada essa assimetria, separaremos o modelo em duas partes ou áreas: o lado negativo ou quando as coisas dão errado, e o lado positivo, quando as coisas vão melhor do que o esperado.

Entre esses dois cenários ou dentro de uma faixa razoável de incerteza, a divisão do risco de tráfego entre o regulador e a concessionária é dada pela abordagem LPVR ou uma de suas variantes. O termo flexível associado ao LPVR ajustará a pequena variação da realização total do tráfego, assumindo que duas outras variáveis do modelo foram adequadamente quantificadas. Estas são a demanda de tráfego inicial esperada para o primeiro período e sua taxa de crescimento, que afeta a capacidade rodoviária em termos de capacidade máxima de movimentação de tráfego, e determinará o investimento a ser feito pela concessionária. Embora isso geralmente seja uma determinação do regulador, uma estimativa de demanda errada terá consequências significativas que afetam ambos os lados. Um investimento de capital (CAPEX - *Capital Expenditure*) superior ao necessário resultará em uma rodovia superdimensionada, implicando em retorno insatisfatório, uma vez que o tráfego será insuficiente para gerar receitas para cobrir o capital investido. Ou, inversamente, uma estrada subdimensionada gerará mais receita do que o previsto, mas com congestionamento, o que é uma característica indesejável do ponto de vista do regulador.

Da mesma forma, a outra variável, a tarifa que será fixada pelo período de vigência, e que não foi objeto de licitação no leilão, deve ser adequada, e não conforme Engel *et al.* (2001) implicam, uma tarifa de congestionamento. Isso causaria congestionamento, como o nome sugere. E precisa ser um nível de tarifa que capture o tráfego de demanda no início do período de concessão Q0, bem como por uma duração adequada deste, ainda que haja um crescimento do mesmo. Portanto, supondo que essas quantidades tenham sido estimadas corretamente, o leilão LPVR ainda está sujeito a duas situações diametralmente opostas, dependendo de como a demanda de tráfego Qt venha a ser durante o período de concessão. Analisamos isso nas seções a seguir.

4.1 Demanda de tráfego *Q* significativamente menor do que o esperado

Nessa situação, é importante considerar o fato de que, do ponto de vista da concessionária, embora ela possa ter licitado a receita total esperada (LPVR), seu retorno virá dos fluxos de caixa resultantes. Além disso, devem contabilizar os custos de operação e manutenção, depreciação, impostos e demais desembolsos de caixa envolvidos na operação da rodovia, bem como o custo financeiro da dívida levantada para o CAPEX envolvido. Portanto, se Qt for significativamente menor do que o esperado, os fluxos de caixa resultantes

podem até ser negativos. Mas, bem antes desse ponto, eles provavelmente não resultarão em um VPL positivo quando, eventualmente, o LPVR for alcançado e a concessão retornada ao regulador.

Caso ocorra esse cenário, a concessionária certamente entrará em negociações buscando algum tipo de indenização do regulador, ou mesmo o encerramento antecipado do projeto e, por vezes, defendendo uma indenização pelo seu capital investido que não atingiu um valor adequado de retorno. Nesses casos, Engel *et al.* (2001), Nombela e De Rus (2004) e Vassallo *et al.* (2010a) apontam que há uma propensão frequente do governo em atender a tais solicitações, visto que podem vir a ser, no mínimo, um constrangimento para ele, que tem como principal utilidade o fornecimento de infraestrutura adequada para o público.

É importante notar também que mesmo a rescisão antecipada é indesejável, pois implica na operação de um empreendimento não rentável, o que o regulador procurava evitar desde o momento em que decidiu outorgar a operação às concessionárias. A possibilidade de ocorrer essa situação é um risco que deve ser considerado pela concessionária, o qual aumentará seu custo de capital ou o LPVR no leilão, afetando todos os concorrentes interessados no projeto a ser concedido. Como resultado, os valores médios dos lances de LPVR serão maiores e isso acaba sendo um recurso indesejável para o regulador também.

Logo, estamos propondo um modelo de rescisão antecipada de concessão baseado não em prazo, visto que a abordagem LPVR não considera diretamente um prazo, mas sim num valor de compensação para a concessionária que considera o tráfego da rodovia como uma incerteza estocástica. A compensação deverá ser tratada como uma opção real de venda americana sobre o LPVNR (NOMBELA e DE RUS, 2004).

Vassallo *et al.* (2010a) apontam que o modelo de leilão LPVR tem a virtude de quantificar tal compensação. Mas isso pode criar um incentivo para rescisão antecipada dado que o valor dessa compensação diminui à medida que aumenta a receita em valor presente. Portanto, devemos incorporar uma penalidade financeira para a indenização por rescisão antecipada, na forma contratual sugerida por Marques et al. (2021). Dessa maneira, uma rescisão muito precoce não renderá nenhuma compensação e, conforme o tempo ultrapassa uma determinada marca, a compensação começa a se acumular até atingir o "valor justo" do LPVNR restante necessário para atingir o valor ofertado no leilão. Esta marca de tempo para o início da compensação pode até mesmo ser declarada nas cláusulas de responsabilidade das regras do leilão.

4.2 Demanda de tráfego *Q* significativamente maior do que o esperado

Este é o caso oposto do capítulo anterior e lida com o lado positivo da incerteza da demanda. Em leilões do tipo LPVR, há uma assimetria significativa na distribuição de risco nesse caso, pois os resultados menores são ônus da concessionária, mas os retornos maiores são limitados pelo mecanismo do leilão. Mostramos que o LPVR pretende compensar a menor demanda em um prazo mais longo, não suportando a redução de risco pretendida. Mas, no cenário de maior demanda, à medida que maiores receitas surgem, isso também limita o aspecto de "risco bom" do projeto, pois antecipa o término da concessão. Portanto, a questão da assimetria discutida por Nombela e De Rus (2004) evita a compensação do risco de queda da demanda.

Outra questão importante não considerada nos modelos LPVR é o fato de o investimento rodoviário ter sido programado para um volume de demanda esperado Q e, mesmo com um aumento esperado dessa demanda antecipada, há um limite de capacidade de tráfego acima do qual ocorrerá congestionamento e a concessionária não será capaz de arrecadar receitas mais altas correspondentes. Este limite de capacidade de tráfego é geralmente tratado como uma barreira absorvente sobre o processo estocástico definido na equação (2), o que limita o lado positivo da receita que pode ser obtida. Embora esse limite aparentemente não afete o retorno total da concessionária, visto que o mecanismo LPVR aumentará proporcionalmente o prazo da concessão até que o valor da licitação seja atingido, ele tem duas desvantagens. A primeira é que isso causará congestionamento devido ao limite de capacidade da rodovia, que é um aspecto negativo da perspectiva do regulador. E a segunda é que, à medida que a demanda aumenta, há uma necessidade de expansão da capacidade das rodovias. No entanto, como é o caso de vários projetos de concessão, o mecanismo LPVR impede a concessionária de investir em expansão de capacidade, por maior que seja essa demanda inesperada.

A solução para essa assimetria de risco é incorporar uma opção de expansão de capacidade, na forma sugerida por Marques *et al.* (2021), em que a concessionária tem o direito, mas não a obrigação, de "comprar" mais prazo de concessão por meio de investimentos na expansão da capacidade rodoviária. Isso pode ser adaptado a uma estrutura como a do LPVR ou LPVNR, onde a concessionária tem o direito de "comprar" um segundo nível de LPVR ou LPVNR a partir de um investimento em expansão de capacidade. Essa flexibilidade pode ser modelada como uma opção real de compra americana. Embora o exercício de opção seja uma flexibilidade à disposição da concessionária, por estar incorporada nas regras do leilão inicial, o valor correspondente reflete-se nos lances oferecidos pelos candidatos à concessão.

Portanto, ao incorporar essas opções reais de venda e compra na estrutura do LPVR ou do LPVNR, não apenas a assimetria original destes modelos de leilão pode ser corrigida, mas também o valor da concessão é aumentado, visto que tanto o agente privado quanto o público veem o risco associado ao congestionamento reduzido.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, analisamos o modelo de leilões de concessão rodoviária conhecida como LPVR, proposto inicialmente por Engel et al. (2001), que tem como objetivo eliminar o risco da concessionária garantindo a esta o valor presente da receita futura previamente acordada. A abordagem parece bastante interessante tanto para a concessionária quanto para o poder concedente, na medida em que oferece uma alternativa ganha-ganha à concessão.

Apesar de suas aparentes vantagens, observa-se que este modelo não tem sido utilizado na prática. Um dos principais problemas de modelos de concessão rodoviária é a questão da incerteza sobre o nível de demanda futura. Como o LPVR baseia-se em um modelo estático de demanda de tráfego, ele não considera possíveis incertezas nas receitas e, consequente, no fluxo de caixa do projeto, o que gera uma assimetria dos retornos para as partes envolvidas.

Em função dessa assimetria, caso o nível de demanda fique muito abaixo do esperado, o risco é todo absorvido pela concessionária, que pode ver o seu contrato estendido por muitos anos mesmo que o projeto apresente fluxos de caixa baixos ou até mesmo negativos. Por outro lado, caso o nível de demanda fique muito acima do esperado, o contrato tem seu término antecipado, impossibilitando a concessionária de se beneficiar desse cenário favorável.

Para corrigir esse problema, propomos um modelo estocástico de demanda baseado na abordagem de opções reais. Caso o nível de demanda esteja abaixo do esperado, o modelo prevê que a concessionária poderá exercer uma opção de abandonar o projeto por um valor prefixado de tal forma que esta não tenha um incentivo ao abandono antecipado. E, caso o nível de demanda esteja acima do esperado, o modelo prevê que a concessionária poderá exercer uma opção de expandir o projeto, adquirindo mais receita em valor presente a partir de um investimento.

Com o aperfeiçoamento proposto, acreditamos que os benefícios dos leilões do tipo LPVR podem ser aproveitados por ambas as partes envolvidas (poder concedente e concessionária), fazendo deste um modelo de alta aplicabilidade em concessões rodoviárias. Pesquisas futuras podem ampliar a discussão sobre a aplicação da abordagem de opções reais na avaliação de projetos concedidos através de lances baseados no menor valor presente de receita.

6. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

ALBALATE, Daniel; BEL, Germà. Regulating concessions of toll motorways: An empirical study on fixed vs. variable term contracts. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 43, n. 2, p. 219-229, 2009.

CARBONARA, Nunzia; COSTANTINO, Nicola; PELLEGRINO, Roberta. Concession period for PPPs: A win–win model for a fair risk sharing. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 7, p. 1223-1232, 2014.

CONTRERAS, Carlos; ANGULO, Julio. Government cost of extending concession term rights. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 24, n. 3, p. 04018011, 2018.

CRUZ, Carlos Oliveira; MARQUES, Rui Cunha. Flexible contracts to cope with uncertainty in public–private partnerships. International **Journal of Project Management**, v. 31, n. 3, p. 473-483, 2013.

ENGEL, Eduardo MRA; FISCHER, Ronald D.; GALETOVIC, Alexander. Least-present-value-of-revenue auctions and highway franchising. **Journal of Political Economy**, v. 109, n. 5, p. 993-1020, 2001.

JIN, Hongyu et al. Optimizing the concession period of PPP projects for fair allocation of financial risk. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2019.

JIN, Hongyu et al. Determining concession periods and minimum revenue guarantees in public-private-partnership agreements. **European Journal of Operational Research**, 2019.

LI, Shuai; CAI, Hubo. Government incentive impacts on private investment behaviors under demand uncertainty. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 101, p. 115-129, 2017.

LV, Junna et al. Alternative model for determining the optimal concession period in managing BOT transportation projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 4, p. 04014066, 2015.

MARQUES, Naielly Lopes; BASTIAN-PINTO, Carlos de Lamare; BRANDÃO, Luiz Eduardo Teixeira. Crossing the Brownian Bridge: valuing infrastructure capacity expansion policies as real options. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 3, p. 261-276, 2021.

NOMBELA, Gustavo; DE RUS, Ginés. Flexible-term contracts for road franchising. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 38, n. 3, p. 163-179, 2004.

ROUHANI, Omid M. et al. Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. **Case Studies on Transport Policy**, v. 6, n. 4, p. 439-448, 2018.

VASSALLO, Jose M. Traffic risk mitigation in highway concession projects: the experience of Chile. **Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)**, v. 40, n. 3, p. 359-381, 2006.

VASSALLO, José Manuel. Flexible-term highway concessions: how can they work better?. **Transportation Research Record**, v. 2187, n. 1, p. 22-28, 2010a.

VASSALLO, José Manuel. The role of the discount rate in tendering highway concessions under the LPVR approach. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 44, n. 10, p. 806-814, 2010b.

XIONG, Wei; ZHANG, Xueqing. Concession renegotiation models for projects developed through public-private partnerships. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, p. 04014008, 2014.

XIONG, Wei; ZHANG, Xueqing; CHEN, Hongyu. Early-termination compensation in public–private partnership projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 4, p. 04015098, 2016.



ARTICLE 2

REVISITING THE LPVR AUCTION MODEL THROUGH THE REAL OPTIONS APPROACH

Carlos Bastian Pinto
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

Naielly Marques
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

ARTICLE 2

RESUMO

Os leilões cujos lances são baseados no menor valor presente de receita, conhecidos como leilões LPVR (*Least Present Value of Revenue*), foram inicialmente considerados como uma solução para a melhor divisão do risco entre a concessionária e reguladores nas concessões de rodovias pedagiadas. No entanto, a sua implementação tem sido pouco frequente, principalmente devido à forte oposição das concessionárias que não veem uma compensação justa para a assimetria de risco de demanda. Revisamos e analisamos os leilões LPVR e outras abordagens semelhantes, como as concessões com prazo flexível (FTC – *Flexible Term Concessions*), e propomos um modelo de opções reais que leva em consideração as vantagens do LPVR, mas reduz a assimetria de risco através do tratamento das incertezas e flexibilidades de uma forma mais informativa e aplicável.

Palavras-chave: concessões, opções reais, infraestrutura.

ABSTRACT

Auctions where bids are based on the least present value of revenue, known as LPVR (Least Present Value of Revenue) auctions, were initially regarded as a solution to demand risk sharing between concessionaire and regulators in toll road concessions. However, implementation has been infrequent, due mainly to strong opposition from concessionaires, which do not see any equitable compensation for the demand risk asymmetry. We review and analyse LPVR auctions and other similar approaches, such as Flexible Term Concession (FTC), and propose a real options model that encompasses the advantages of the LPVR while reducing risk asymmetry by treating uncertainties and flexibilities in a more informative and applicable manner.

Keywords: concessions, real options, infrastructure.

1. INTRODUCTION

The Least Present Value of Revenue (LPVR) auction structure proposes that, instead of a reverse auction based on toll value or payment of a concession fee to the government, privately-held companies should bid on the total present value of the revenues that they wish to earn during a toll road concession (ENGEL, FISCHER and GALETOVIC, 2001). Consequently, an auction conducted under LPVR logic affirms that the term of the concession ends as soon as this amount is reached, with the assets returning to the government.

The LPVR (Least Present Value of Revenue) auction structure proposes that instead of a reverse bid on the value of the tariff (toll) or payment of a fee to the government, private companies should compete on the total present value of the revenues they wish to acquire over the course of a toll road concession (ENGEL, FISCHER and GALETOVIC, 2001). The auction under the LPVR logic, then, states that once this value is reached, the concession term ends, and the assets revert to the public authority.

When bidding on a toll road concession, the purpose of a private investor is to seek returns on invested capital, taking into account issues such as the term of the investment and, more particularly, the financial risk. This may vary, depending on the regulatory context, the uncertainty of demands, or a country's political risk, which usually translates into a risk-adjusted discount rate that is used to steer investment decisions based on the project's Internal Rate of Return (IRR) or Net Present Value (NPV). Other aspects that might influence these goals are usually related to possible management flexibilities in the project, such as government guarantees, abandonment and expansion options, or strategic investment issues.

On the other hand, the government is focused on public well-being, pursued through either providing society with new transportation infrastructure, or a financial award to the concessionaire as a decision bid, assigning the project the highest amount offered in the auctions. Another type of auction is reverse bidding on the toll value, seeking to define the concessionaire that will accept the lowest level of income on its investment. Others are based on a pre-set toll, but with the bidders competing for the shortest concession term. In all these cases, the concession is awarded to the bidder accepting the lowest payback, undermining its own interests.

The authors of the LPVR model suggest that these types of auctions do not allocate risk correctly between the parties, with contracts often renegotiated, for example when demand is lower than expected, with adverse effects on returns for the concessionaire. Engel et al. (2001) argue that the LPVR guarantees a payback for the concessionaire, while at the same time maximizing the usefulness of the regulator, as the concession returns to the regulator as soon as the concessionaire earns its planned payback. Some of the assumptions in this auction model have been revised by Nombela and De Rus (2004), but the basic principles remain unchanged, and their model also has weaknesses related to its practical implementation. Vassallo (2010a) shows that the LPVR scheme introduces an asymmetry to the risk profile, and the positive upper tail of the payback distribution is limited, while the lower tail is not. The potential gains for the concessionaire are substantially limited, while the losses are not.

In this paper, we discuss the assumptions on which LPVR is based and propose modelling that encompasses LPVR principles, while treating uncertainties and flexibilities in a more practical and informative manner, through the real options methodology. This allows flexibilities to be modelled, while introducing a form of risk allocation balance for both parties involved, correcting the asymmetry mentioned by Vassallo (2010a).

This paper is organised as follows: this Introduction is followed by a Review of the Literature covering the field of study for this research. Chapter 3 discusses and comments on the principles and aspects of the LPVR model, displaying its advantages as well as its implementation hurdles. Chapter 4 proposes an assessment model for this type of auction, based on the real options approach. The Conclusion is presented in Chapter 5.

2. REVIEW OF THE LITERATURE

Engel et al. (2001) were the first to show that concession contracts with pre-set fixed terms do not allocate demand risk in an optimized manner. In their study, they suggest the LPVR auction model, which hedges the revenue uncertainties faced by the concessionaire through a flexible contract term. If demand is low, the concession term is extended; if it is higher than expected, the term is shortened. Nombela and De Rus (2004) extended the LPVR auction model and proposed a new type of auction based on a flexible term contract with total net revenues and maintenance cost bidding, called Least Present Value of Net Revenue (LPVNR). The findings show that this mechanism allows the elimination of traffic risk, while encouraging the selection of more efficient concessionaires.

Vassallo (2010b) assesses the effect of the discount rate (which is set by the government in the LPVR auction model) on the calculation of the traffic risk allocated to the concessionaire. Using a mathematical model, this author finds an inverse relationship between these two variables, concluding that, although the LPVR appears to be a very interesting approach, its practical implementation has been infrequent, due mainly to strong opposition from concessionaires. Rouhani et al. (2018) analysed the main revenue risk-sharing mechanisms that have been developed around the world. Regarding the LPVR approach, these authors state that this auction model helps lessen the probability of renegotiations. However, this might not be as interesting for private agents when assigned responsibility for highway quality or safety, as this allows them to influence usage levels and consequently their incomes.

A research project conducted by Vassallo (2010a) shows that the main reason for the sparse implementation of flexible term contracts lies in strong opposition from the private sector, which is unwilling to accept a mechanism with an asymmetrical risk profile, where potential gains for concessionaires are substantially capped, while potential losses are not limited to the same extent. For example, among the 26 highway projects that were awarded in Chile until 2006, only four were tendered out and only two were successfully awarded using this approach (VASSALLO, 2006). According to this author, resistance to implementing this mechanism is underpinned by the fact that concessionaires feel that the LPVR model does not improve project's ability to

meet its commitments to creditors, while hampering the efficient organisation of concession operations, and curtailing the positive profitability of concessionaires.

Albalate and Bel (2009) compare the benefits of allowing flexible term contracts rather than establishing a fixed term for concession projects, using real data from Spain's oldest toll roads. Their findings indicate that concession terms are shorter when traffic increases unexpectedly, slashing the benefits for private agents. Xiong, Zhang, and Chen (2015) address the issue of compensation for concessionaires when concessions terminate early. The findings show that this mechanism can enhance the accuracy of measuring the uncertainties inherent to an infrastructure project, providing a fair compensation system that safeguards the benefits for both public and private agents.

Carbonara, Costantino, and Pellegrino (2014) argue that defining the duration of a concession must be managed in a manner that offers beneficial conditions for both parties involved in the award. As a solution, they suggest a model based on a Monte Carlo simulation for defining the optimal concession period. Their findings indicate that the concession period can ensure minimum profits and fair risk allocation. Jin et al. (2019) also developed a model using a Monte Carlo simulation to achieve the same goal. Their findings show that a concession should optimally last long enough to keep private investor profits within a reasonable range, while achieving a fair allocation of financial risk between governments and private investors.

In a paper looking specifically at contract term extensions, Contreras and Angulo (2018) use the real options approach to define opportunity costs of concession term extensions for governments, concluding that these outlays may be high in some cases. In addition to contract term extensions, Xiong and Zhang (2014) also analyse two other compensation measures, including toll adjustments and annual subsidies or unit payment adjustments. The authors present a quantitative compensation model for assessing whether contract renegotiations are feasible for concessions, particularly as future traffic demands and operations and maintenance costs are stochastic variables. They conclude that the proposed model allows governments to compare different compensation measures, selecting the most appropriate option for each project.

Jin et al. (2019) address the problem of optimizing Minimum Revenue Guarantee (MRG) levels and concession durations, in ways that respond to the interests of both public and private parties in concession contracts. They present an imperfect information trading model based on the real options approach, showing that concession duration is inversely proportional to the MRG level, with this correlation influenced by the probability of achieving the break-even rate of return on investment. Lv et al. (2014) also develop a method based on real options and game theory that defines the optimal concession duration for Build-Operate-Transfer (BOT) concession projects with government subsidies. Using a Chinese project as a numerical example, they found that this method allows definitions of optimal concession durations, especially when government subsidies are needed to make projects financially feasible.

Marques, Bastian-Pinto, and Brandão (2021) argue that flexible infrastructure contracts can surmount difficulties in accurately predicting how market conditions and demand will evolve during the concession term. For this purpose, they present a model that combines capacity expansion decisions with conditional term extensions, modelling this flexibility through the real options approach, with project value uncertainty as a Brownian Bridge. Their findings show that these policies may be useful in

attracting private investments in public infrastructure projects. Cruz and Marques (2013) also propose a real options model for assessing the benefits of developing flexible contracts. Through analysing a hospital concession, they explore whether a contract structure can be found that maximizes cost-effectiveness, when uncertainties and flexibilities are taken into account in project evaluations.

3. LPVR AUCTION MODEL

Engel et al (2001) feel that scarce government funding drives the quest for private investments in infrastructure construction, subsequently compensated by a defined-term concession fee. They also assume that the fact that medium and long-term traffic forecasts are very imprecise is often overlooked, leading to significant uncertainties in demand forecasts. However, this model is based on a static analysis of demand throughout the duration of the concession.

They argue that the principles are valid, even if demand is affected, with this assumption based on the congestion toll principle. According to Engel et al. (2001), the congestion toll is the price that persuades drivers to accept optimized tailbacks, absent a self-financing constraint. According to this principle, the highway will always be used at its maximum capacity, and this is achieved by setting this metric at a level attracting a flow of drivers that is close to the congestion level.. Thus, with P* being the congestion toll and Q(P) being the corresponding demand, the Present Value of Revenues (PVR) can be defined through Equation (1):

$$PVR = \int_0^T P^* Q(P) e^{-kt} dt \quad (1)$$

This also assumes that the auction is competitive and that the winner will have to accept the least possible PVR value. It is also expected that this value will be equal to the amount to be invested in the concession I. Therefore: *PVR - I = 0*, and the return on investment will be equal to the discount rate predicted by the regulator (k).

The model assumes that the highway will be built before demand Q is revealed. However, as this equilibrium must be maintained (*PVR - I = 0*), then when the LPVR is tendered out, concession bidders accept the risk of overestimating or underestimating demand levels and consequently the capacity of the highway to be built. In other words the value of I. The only contribution from the regulator at this stage is the definition in the auction regulations of the discount rate (k) at which the revenues will be discounted, as well as the congestion toll levels for the different demand tiers.

One of the flaws of this model is that it ignores the true cash flow valuation structure. Engel et al. (2001) assume that revenues are net to the concessionaire, with comparatively low operating and maintenance costs that can thus be ignored.

This problem has been partially corrected by Nombela and De Rus (2004), who assume only the fixed cost structure in their revised model (LPVNR), proposing that this problem be corrected by transferring all demand risks to the concessionaires. They state that one of the most notable features of LPVNR auctions is that concessionaires need not rely on traffic estimates for calculating their bids. This eliminates the optimistic bidder bias detected in traditional concession auctions.

However, even this alternative may be considered unrealistic. In addition to fixed costs, any infrastructure operation incurs significant variable costs, such as income taxes, depreciation, and maintenance investments needed to uphold the quality of the services rendered. We will show that, by taking only the fixed costs into consideration, the LPVR model claim of no lower-demand risks for concessionaires and the resulting longer term is not accurate, as this may give rise to a negative NPV.

The congestion toll principle is also difficult to implement, as it triggers the following effect: if demand rises in response to greater well-being, the solution would be to increase the toll and keep traffic within the original highway capacity. In this case, the real social well-being solution would be to expand road capacity while keeping tolls at affordable levels. On the other side of the demand spectrum, if demand is too low to cover the return on investment, the concession will last forever. Again, this is not in the public interest. Neither is it feasible for a private company because – unlike the LPVR calculation (which considers only revenue) the cash flows are likely to be negative, or at least below the present value investment. Consequently, no rational concessionaire would continue to operate such a venture, and would probably seek renegotiations.

4. REAL OPTIONS APPROACH

We thus intend to develop a model that includes some of the positive aspects of the LPVR or LPVNR auction models, adapted to more realistic implementation expectations.

While Q traffic demand is an important variable for any infrastructure investment, it is largely ignored by the LPVR model for *ex-ante* investment. Not only unrealistic, this is also impractical, as projected highway capacity is a direct outcome of capital investment and is consequently the main bidding driver in any auction. Our model should thus use a stochastic process to simulate possible future traffic materialisation paths. As is standard in the literature (LI and CAI, 2017), we assume that traffic follows a Geometric Brownian Motion (GBM), as shown in Equation (2):

$$dQ_t = \mu Q_t dt + \sigma_Q Q_t dz_t \quad (2)$$

Where dQ_t is the incremental variation in traffic during the time interval dt; μ represents the expected traffic growth rate σ_Q is traffic volatility; and $dz_t = \varepsilon\sqrt{dt}$ represents the Wiener standard increase, where $\varepsilon \approx N(0,1)$.

At a second tier, our model considers flexibilities as real options through which the concessionaire will react to demands, or market uncertainties, maximizing not only the concessionaire's value, but also the usefulness of the regulator, whose purpose should be to provide infrastructure at the best price or toll. The main outcome of including real options in an LPVR auction scheme is to correct the demand risk asymmetry mentioned by Vassallo (2010a), which seems to be the main reason for strong private-sector opposition to this approach. Because of this asymmetry, we separate the model into two parts or areas: the negative side (when things go wrong), and the positive side (when things progress better than expected).

Between these two scenarios, or within a reasonable range of uncertainty, the traffic risk split between regulator and concessionaire is provided by the LPVR approach or one of its variants. The flexible term associated with the LPVR adjusts for minor variations in total traffic flows, provided that two other variables in the model have been properly quantified. These are the expected initial traffic demand for the first period, and its growth rate, which affects road capacity in terms of maximum traffic movement capacity, and will define where investments are allocated by the concessionaire. Although this is usually established by the regulator, a poly-calculated demand estimate will have significant consequences for both sides. Capital expenditures (CAPEX) that are higher than necessary will result in an oversized road, with unsatisfactory payback, as it will not carry enough traffic to generate the revenues needed to return the invested capital. Conversely, an undersized road will generate more revenues than expected, but with congestion, which is undesirable from the regulator's standpoint.

Similarly, the other variable is the tariff to be defined for the term. When not bid on in the auction, it must be adequate, rather than a congestion toll, as implied by Engel et al. (2001) This would cause congestion, as the name suggests. Furthermore, this toll level should capture demand traffic at the start of the concession period *Q0*, and for an adequate duration as well, despite possible growth. Thus, assuming these quantities have been estimated correctly, the LPVR auction is still subject to two diametrically opposed situations, depending on the traffic demand *Qt* during the concession period. This is analysed in the following sections.

4.1 Traffic demand Q significantly lower than expected

In this situation, it is important to consider the fact that, from the standpoint of the concessionaires, their paybacks will come from the resulting cash flows, although they may have bid on the total expected revenue (LPVR). Moreover, they must cover the operating and maintenance costs, depreciation, taxes, and other cash outlays involved in running a highway, as well as the financial costs of the debt resulting from the necessary CAPEX. So if Qt is significantly lower than expected, the resulting cash flows may even be negative. However, they will probably not be posting positive NPVs long before this point, with the concession returned to the regulator as soon as the LPVR is reached.

Should this scenario occur, the concessionaire will certainly enter into negotiations, seeking some sort of compensation from the regulator, or even early termination of the project, and sometimes claiming compensation for its invested capital that has not produced adequate returns. In such cases, Engel et al. (2001), Nombela and De Rus (2004) and Vassallo et al. (2010a) point out that there is a propensity for governments to comply with such requests quite frequently, as these situations can become an embarrassment to them, at the very least, as the main purpose is to provide adequate infrastructure for the public.

It is also important to note that even early termination is undesirable, as this indicates the operation of an unprofitable enterprise – which is precisely what regulators try to avoid, right from the moment they decide to award projects to concessionaires. The possibility of this situation occurring is a risk to be weighed by a concessionaire, increasing either its capital costs or the LPVR in the auction, and thus affecting all bidders interested in the tendered project. As a result, average LPVR bid values will be higher, which is undesirable for regulators as well.

We consequently propose a model for early termination of the concession that is based not on a specific period, as the LPVR approach does not directly consider time, but rather a compensation value

for concessionaires that views highway traffic as a stochastic uncertainty. The compensation should be treated as a real American put option over the LPVNR (NOMBELA and DE RUS, 2004).

Vassallo et al. (2010a) note that the LPVR auction model offers the advantage of quantifying this compensation. However, it might also create an early termination incentive, because the compensation value drops as the present value revenue increases. We should thus build a financial penalty for early termination compensation into the contract structure suggested by Marques et al. (2021). Consequently, very early termination yields no compensation,, which begins to accumulate as time passes a specific mark, until it reaches the "fair value" of the remaining LPVNR needed to reach the amount bid in the auction. This time marker for the start of compensation may even be stated in the liability clauses of the auction rules.

4.2 Traffic demand Q significantly higher than expected

This hypothesis is the opposite of the situation described in the previous chapter, addressing the upside of demand uncertainty. There is significant risk distribution asymmetry in LPVR-type auctions, as lower earnings outcomes burden the concessionaire, while higher payback is limited by the auction mechanism. We have shown that the LPVR is intended to offset lower demands over longer timeframes, not supporting the intended risk reduction. But in a higher demand context with higher revenues, this also limits the "good risk" aspect of the project, by bringing the concession termination forward. The asymmetry issue discussed by Nombela and De Rus (2004) thus prevents compensation for shrinking demand risks.

Another important issue not taken into consideration by LPVR models is the fact that highway investments are scheduled for an expected demand volume Q; despite an expected increase in forecast demands, there is a traffic capacity ceiling above which congestion occurs, so the concessionaire will not be able to collect correspondingly higher revenues. This traffic capacity limit is generally treated as an absorptive barrier for the stochastic process defined in Equation (2), capping the upside: revenues that can be collected. Although this limit does not seem to affect total payback to the concessionaire, as the LPVR mechanism extends the concession term proportionally until the bid value is reached, it has two disadvantages. First, it will cause congestion, due to the highway capacity ceiling, which is a negative aspect from the standpoint of the regulator. second, highway capacity must expand as demand rises. However, as is the case with many concession projects, the LPVR mechanism prevents the concessionaire from investing in capacity expansion, no matter how large this unexpected demand may be.

The solution to this risk asymmetry is to include a capacity expansion option, in the manner suggested by Marques et al. (2021): the concessionaire has the right (but not the obligation), to "buy" more concession time through investments in highway capacity expansion. This can be adapted to a structure like the LPVR or LPVNR, where the concessionaire has the right to "buy" a second tier of LPVR or LPVNR through capacity expansion investments. This flexibility may be modelled as an actual American call option. Although exercising the option is a flexible aspect open to the concessionaire (because it is included in the initial auction rules), the corresponding value is reflected in the amounts offered by bidders for the concession.

By building these real put and call options into the LPVR or LPVNR structure, not only can the original asymmetry of these auction models be corrected, but the concession value is also increased, with lower congestion risks for both private and public agents.

5. CONCLUSIONS

In this paper, we analyse the LPVR highway concession auction model, first proposed by Engel et al. (2001), which is designed to eliminate concessionaire risks by guaranteeing the present value of future revenues as agreed in advance. This approach seems quite interesting for both the concessionaire and the grantor, offering a win-win alternative for concessions.

Despite its apparent advantages, this model has not been used in practice. One of the main problems of highway concession models is the issue of uncertain future demand levels. As the LPVR is based on a static traffic demand model, it does not address possible variations in project revenues (and consequently cash flows), giving rise to asymmetrical returns for the parties involved.

Because of this asymmetry, if demand falls well below expectations, the entire risk is absorbed by the concessionaire, with the project contract extended for many years despite low or even negative cash flows. On the other hand, if demand is far higher than expected, the contract is terminated ahead of schedule, so the concessionaire fails to benefit from this favourable context.

As a solution to this problem, we propose a stochastic demand model based on the real options approach. If demand is lower than expected, the model allows the concessionaire to exercise a drop-out option at a pre-set value, ensuring that it has no incentive for early abandonment. If demand is higher than expected, the model allows the concessionaire to exercise a project expansion option by building up present value revenues from an investment.

With this proposed refinement, we believe that the benefits of LPVR-type auctions can be shared by both parties (grantor and concessionaire), making this model widely applicable for highway concessions. Future research may expand the discussion on the application of the real options approach in the evaluation of projects awarded through bids based on the least present value of revenues.

6. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

ALBALATE, Daniel; BEL, Germà. Regulating concessions of toll motorways: An empirical study on fixed vs. variable term contracts. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 43, n. 2, p. 219-229, 2009.

CARBONARA, Nunzia; COSTANTINO, Nicola; PELLEGRINO, Roberta. Concession period for PPPs: A win–win model for a fair risk sharing. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 7, p. 1223-1232, 2014.

CONTRERAS, Carlos; ANGULO, Julio. Government cost of extending concession term rights. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 24, n. 3, p. 04018011, 2018.

CRUZ, Carlos Oliveira; MARQUES, Rui Cunha. Flexible contracts to cope with uncertainty in public–private partnerships. International **Journal of Project Management**, v. 31, n. 3, p. 473-483, 2013.

ENGEL, Eduardo MRA; FISCHER, Ronald D.; GALETOVIC, Alexander. Least-present-value-of-revenue auctions and highway franchising. **Journal of Political Economy**, v. 109, n. 5, p. 993-1020, 2001.

JIN, Hongyu et al. Optimizing the concession period of PPP projects for fair allocation of financial risk. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2019.

JIN, Hongyu et al. Determining concession periods and minimum revenue guarantees in public-private-partnership agreements. **European Journal of Operational Research**, 2019.

LI, Shuai; CAI, Hubo. Government incentive impacts on private investment behaviors under demand uncertainty. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 101, p. 115-129, 2017.

LV, Junna et al. Alternative model for determining the optimal concession period in managing BOT transportation projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 4, p. 04014066, 2015.

MARQUES, Naielly Lopes; BASTIAN-PINTO, Carlos de Lamare; BRANDÃO, Luiz Eduardo Teixeira. Crossing the Brownian Bridge: valuing infrastructure capacity expansion policies as real options. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 3, p. 261-276, 2021.

NOMBELA, Gustavo; DE RUS, Ginés. Flexible-term contracts for road franchising. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 38, n. 3, p. 163-179, 2004.

ROUHANI, Omid M. et al. Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. **Case Studies on Transport Policy**, v. 6, n. 4, p. 439-448, 2018.

VASSALLO, Jose M. Traffic risk mitigation in highway concession projects: the experience of Chile. **Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)**, v. 40, n. 3, p. 359-381, 2006.

VASSALLO, José Manuel. Flexible-term highway concessions: how can they work better?. **Transportation Research Record**, v. 2187, n. 1, p. 22-28, 2010a.

VASSALLO, José Manuel. The role of the discount rate in tendering highway concessions under the LPVR approach. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 44, n. 10, p. 806-814, 2010b.

XIONG, Wei; ZHANG, Xueqing. Concession renegotiation models for projects developed through public-private partnerships. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, p. 04014008, 2014.

XIONG, Wei; ZHANG, Xueqing; CHEN, Hongyu. Early-termination compensation in public–private partnership projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 4, p. 04015098, 2016.

ARTIGO 3



CRIAÇÃO DE VALOR NA UTILIZAÇÃO DA CABOTAGEM NO BRASIL

Priscila Laczynski de Souza Miguel
Escola de Administração de Empresas de São Paulo - EAESP-FGV

Gilberto Gomes da Cunha Jénior
Escola de Administração de Empresas de São Paulo - EAESP-FGV

ARTIGO 3

RESUMO

A cabotagem vem apresentando um crescimento constante em movimentação de contêineres nestes últimos anos, deixando de ser coadjuvante no setor de transporte nacional. O presente trabalho buscou identificar as vantagens, além da redução de custo de frete, que este modal proporciona aos seus usuários. Baseada em uma pesquisa qualitativa com 21 entrevistados, os resultados apontaram, como fatores que motivam a adoção deste modo de transporte, sua capacidade de transportar grandes volumes; estoque em trânsito; giro de frota dos caminhões próprios ou parceiros; capacidade de escoamento em regiões de difícil acesso via rodovia; pontualidade das entregas, possibilitando o uso do modal para realizar a entrega final com melhor assertividade e maior previsibilidade; *lead time* competitivo para cargas de grandes dimensões; utilização de contêineres para armazenagem ou antecipação de vendas a fim de otimizar seus espaços; possibilidade de revender o frete por um valor mais alto, sendo o frete considerado como receita, e não apenas como custo.

Palavras-chave: Cabotagem, criação de valor, estudo qualitativo

ABSTRACT

The cabotage industry in has shown a steady increase in container movements, thus leaving a traditionally secondary role to occupy a strengthened market position. This study aimed to identify the advantages, besides just reduction of freight cost, that cabotage offers to its users. Based on a qualitative research with 21 interviews, the results provide evidence of the main benefits perceived by respondents: capacity to transport large volumes; having stock in transit; use of containers for storage or anticipation of sales in order to optimize their own or rented spaces; improved turn times for fleet, whether owned or partner trucks; load-flow capacity in regions with difficult access; punctuality of deliveries; competitive lead time for cargo with irregular/out-of-gauge dimensions; ability to perform last mile delivery with improved predictability; customer possibility of buying a rate and offering to his customer at higher price.

Keywords: Cabotage, value creation, qualitative research

1. INTRODUÇÃO

Diversos são os fatores que destacam o potencial do modal de cabotagem no Brasil. O país possui uma das maiores costas litorâneas do mundo, com mais de 7 mil quilômetros de extensão, além de vários rios navegáveis em diversas regiões, com portos localizados de norte a sul e indústrias e população situadas próximo à costa. Ademais, não existe risco proveniente de dificuldades climáticas de efeitos catastróficos que possam prejudicar a navegação na costa litorânea brasileira (ANTAQ, 2018; UNISDR, 2018, CNT Navegação Interior, 2019).

Apesar disso, o modal rodoviário ainda representa mais de 60% do transporte de mercadorias no Brasil, mesmo com menos de 13% da malha rodoviária pavimentada no trânsito no ano de 2017. Essas informações potencializam ainda mais a necessidade de buscar vias alternativas para o transporte de mercadorias (CNT, 2020, ILOS, 2020).

A cabotagem é uma alternativa para o transporte nacional. No entanto, a falta de informações sobre o setor, a carência de legislação adequada e o tempo de transporte resultam em uso limitado do modal. Dessa forma, julga-se relevante contribuir com uma análise para identificar o que mais pode gerar valor para os clientes além do custo, de modo a atraí-los. Assim surge a seguinte questão: como o uso de cabotagem de contêineres no Brasil pode gerar valor para os clientes, não se limitando apenas à análise de custo, mas incluindo outros aspectos que esse modal pode proporcionar?

O estudo teve como objetivo descrever os critérios de tomada de decisão dos clientes na escolha desse modal a fim de entender quais benefícios, além do custo, a cabotagem pode oferecer aos seus clientes. Como objetivos específicos, a pesquisa visa identificar as vantagens e desvantagens na utilização da cabotagem além do custo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O modal marítimo é responsável pela movimentação de mais de 90% (por peso) de todas as operações de comércio no mundo, sendo possível transportar basicamente qualquer tipo de carga devido aos inúmeros tipos de navios existentes (VIEIRA, 2002; KEEDI; MENDONÇA, 2000; DAVID; STEWART, 2010). O transporte marítimo pode ser categorizado em dois tipos (KEEDI; MENDONÇA, 2000): a) longo curso: é uma navegação internacional, isto é, realiza transporte de cargas entre países diferentes, independente da distância a ser percorrida; b) cabotagem: é uma navegação nacional, isto é, realiza transporte de cargas entre portos do mesmo país, independente da distância e dos acordos econômicos existentes entre países, como o Mercosul, por exemplo.

Dias (2016, p.125) define cabotagem como "o transporte aquaviário entre dois portos marítimos ou entre um costeiro e um fluvial do mesmo país". No entanto, como explica Vieira (2002, p. 87), "se a navegação ocorrer entre dois portos fluviais, não será considerada cabotagem, e sim navegação interior". Diante da necessidade constante de ofertar uma cobertura maior de serviços, e com navios cada vez maiores atracando na costa brasileira, a cabotagem vem tornando-se essencial para distribuir cargas oriundas do longo curso, seja para importações, seja para exportações, sem haver atracações de grandes navios em vários portos da costa brasileira; operação esta denominada como feeder service (UNCTAD, 2017).

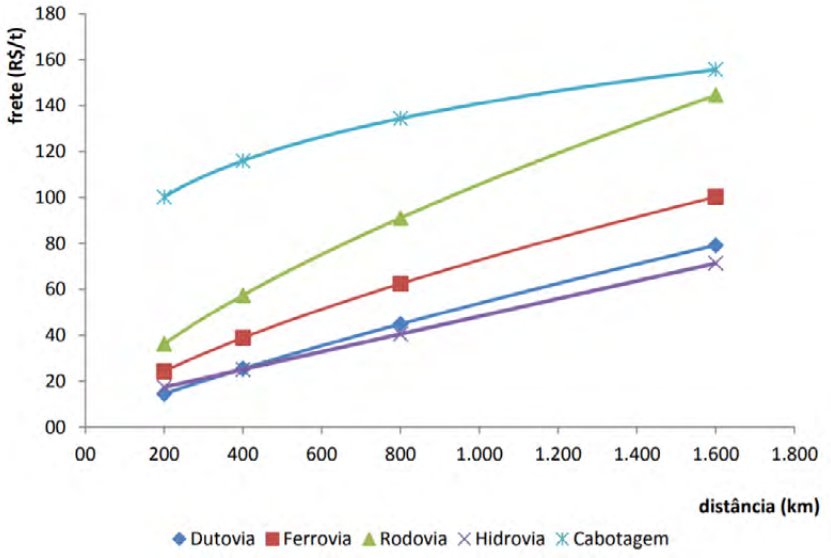
Em 2020, foram movimentadas, por cabotagem, aproximadamente 241 milhões de toneladas, incluindo todos os tipos de carga – a granel, conteinerizada e geral. O presente estudo tem como foco o transporte de cargas conteinerizadas, que representa atualmente 8% das cargas transportadas em 2020 (ANTAQ, 2020).

A cabotagem apresenta como pontos positivos o valor reduzido do frete por tonelada-quilômetro, capacidade de transporte de grandes volumes, incluindo produtos perigosos, alta segurança e alta eficiência energética. Como desvantagem, os tempos de viagem são maiores, a necessidade de manuseio durante a operação e a baixa disponibilidade de navios em portos e terminais, não permitindo a entrega porta-a-porta (CHOPRA, MEINDL, 2011, CNT Navegação Interior, 2019). Além disso, os atuais operadores de cabotagem mencionam a carência de uma legislação diferente para o modal com o intuito de reduzir a burocracia para a sua atuação.

A redução de custo de transporte é a principal vantagem pela qual a cabotagem é reconhecida no mercado atualmente. Esse é um dos primeiros argumentos utilizados para a venda desse modal, que no passado possuía uma cobertura de atendimento reduzida, limitação de serviços adicionais, tempo de entrega muito superior ao rodoviário, ineficiência nos portos que os atendiam e navios sucateados, gerando atrasos e cancelamento de pedidos devido à quebra dos navios durante o trajeto.

A cabotagem torna-se atrativa para trechos de longa distância. Estima-se como longa distância algo igual ou maior do que dois mil quilômetros (NAZÁRIO, 2000). Como se pode observar na figura 1, a curva de frete por tonelada da cabotagem é a que menos se altera com o aumento da distância percorrida, com isso é possível observar que trajetos de curta ou média distância não propiciam uma redução de custo nos transportes, principalmente pelos custos portuários relativos à capatazia, que são fixos independentemente do trajeto a ser percorrido. Nos trechos de longa distância, a capatazia equivale a aproximadamente 18% do frete total no transporte de um contêiner de 40' e 26% em um contêiner de 20'; e nos de média e curta distância, considerando um contêiner de 40', em torno de 27% a 34% respectivamente, sendo que o de 20' o custo portuário representa de 34% a 41% do frete total (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011; MERCOSUL LINE, 2018).

Figura 1: Comparação de fretes por modal e distância percorrida



Fonte: Ministério dos Transportes (2012)

Dado que 90% de toda a carga movimentada no mundo é realizada pelo meio marítimo, e esses navios utilizam em sua maioria o óleo pesado como combustível, que causa um alto índice de poluição, com a geração de dióxido de enxofre, por exemplo, faz-se necessário repensar e definir estratégias a fim reduzir essas emissões, mediante o refinamento do combustível, novas tecnologias e revisão de rotas (SCOTT, 2014). De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), o transporte seja de pessoas ou de mercadorias é uma das atividades econômicas que mais geram gases que causam o efeito estufa (IPCC, 2014). Estima-se que o setor de transportes e logística contribui com aproximadamente 2.8 megatoneladas por ano de gases que provocarão o efeito estufa (WORLD ECONOMIC FORUM, 2009).

Entre 2% e 4% de todo o óleo pesado consumido no mundo é destinado para a navegação. Ainda assim esse modal é o que possui o menor índice de emissão de dióxido de carbono (CO_2), gerando dez vezes menos que o modal rodoviário e o aéreo, devido à possibilidade de locomoção de grandes volumes em uma única viagem (CORBETT; WINEBRAKE, 2008). Essa baixa emissão de CO_2 da navegação deverá ser reduzida ainda mais após o acordo realizado no ano de 2016 entre as companhias marítimas e a *International Maritime Organization* (IMO), que possui a finalidade de reduzir a quantidade de enxofre presente nos combustíveis de 3,5% para 0,5% até o ano de 2020 (IMO, 2018; ROYAL DUTCH SHELL, 2018).

Haverá três maneiras de as companhias marítimas se adequarem aos novos parâmetros: mediante a compra de combustível com baixo teor de enxofre; a instalação de purificadores; e construção de navios que utilizam gás natural liquefeito (GNL). Todas as alternativas demandam alto investimento. Com isso, estima-se que somente a indústria de navegação de contêineres teria um custo adicional de 30 bilhões de dólares por ano (CHESTNEY; SAUL, 2018; SLEIMAN; PITTALIS, 2018).

Se consideradas as saliências, reentrâncias e os rios do litoral, o Brasil possui mais de 8.500 quilômetros navegáveis e mais de 80% de sua população vivendo até 200 quilômetros de distância da costa demonstra o potencial que esse modal tem para atender a maior parte da população (ARAÚJO, 2014; LOURENÇO, 2016; BRASIL, 2018).

As outras duas vantagens destacadas são a redução de avarias e a quase inexistência de furtos e roubos da carga. A primeira é um dos principais diferenciais desse modal, pois a carga é unitizada em uma caixa de aço devidamente lacrada, não estando sujeita a intempéries climáticas nem às péssimas condições das rodovias, que fazem com que as cargas fiquem se movimentando e ocorram avarias, sempre considerando que a carga deve sempre estar bem unitizada, com as devidas proteções e amarrações para evitar a movimentação da carga dentro do contêiner. O navio que transporta a carga, na maior parte do trajeto, praticamente não apresenta movimentação. Assim, a chance de a carga chegar ao seu destino exatamente como foi unitizada é grande (DIAS, 2016).

Por fim, a quase inexistência de furtos e roubos é algo que também se deve ao fato de a carga ficar a bordo por um grande período, sem contato externo. A dificuldade de identificar o que há dentro do contêiner é algo a ser destacado, pois basicamente a carga fica exposta apenas durante o trajeto da origem até o porto de embarque e, depois, do porto de desembarque até o destino. Esses trechos costumam ser curtos e a exigência da documentação fiscal auxilia nesse processo (DIAS, 2016).

Esse modal também apresenta algumas desvantagens em comparação aos seus competidores, entre os quais se destaca o rodoviário, seu maior concorrente. A principal desvantagem da cabotagem é o tempo transcorrido da coleta da mercadoria

até a entrega no destino final, denominado *lead time*. Qualquer par de portos no Brasil em que hoje a cabotagem atua não consegue ser mais rápido que o modal rodoviário, considerando que a carga deve estar no porto com antecedência e ser retirada após a operação do navio, além das fiscalizações que podem ocorrer. Além disso, a navegação realmente possui um *lead time* maior porque mobiliza um volume grande de cargas ao mesmo tempo e depende de vários intervenientes para sua operacionalização, como portos, órgãos governamentais, transportadores rodoviários e terminais de contêineres.

Outra desvantagem desse modal reside nas intempéries climáticas. Apesar de o Brasil ser um país tropical sem registro de catástrofes de grandes dimensões, ocorrem problemas frequentes nesse modal que é condicionado ao clima. Por exemplo: durante vários períodos de cada ano, há instabilidade climática nos portos do Rio Grande do Sul devido ao fato de o estado ser localizado no extremo sul do país, com mar agitado e ventos fortes, que dificultam a atracação dos navios. Há também as regiões em que os portos estão localizados em canais de acesso dos rios, o que gera maior dificuldade de atracação devido ao escoamento constante de detritos, gerando o assoreamento do rio, tornando-o mais largo e menos profundo. Isso ocorre com frequência nos portos de Itajaí e Navegantes. Nos portos do norte, como Manaus, por exemplo, que é um porto flutuante, dependendo do período do ano, a profundidade do rio varia, o que limita a quantidade transportada nos navios quando sua profundidade está reduzida (SPAUTZ, 2017; PORTO DE MANAUS, 2018).

3. METODOLOGIA

Para atender o objetivo da pesquisa, foi realizado um estudo qualitativo de caráter exploratório, cuja coleta de dados baseou-se em entrevistas feitas a atuais, potenciais e não clientes da cabotagem conteinerizada. A pesquisa qualitativa permite vivenciar o ambiente e a experiência do entrevistado, pois o contato real com o pesquisado possibilita alto envolvimento com suas vivências. A maior interatividade com os participantes do estudo amplia o entendimento sobre o tema a ser pesquisado (RALLIS, 1998 apud CRESWELL, 2003, p.186-187).

Foram feitas entrevistas em profundidade com atuais clientes e não clientes da cabotagem conteinerizada. Essas entrevistas foram realizadas por telefone e pessoalmente, de forma semiestruturada, seguindo um roteiro (APÊNDICE A). Essa forma de pesquisa permite e até incentiva o entrevistado a discursar mais sobre assuntos que vão surgindo em relação ao assunto focal (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O roteiro de entrevista foi elaborado com o intuito de organizar a coleta dos dados e estabelecer uma conexão com o entrevistado. Iniciou-se com questões de abertura, que tinham a finalidade de atrair sua atenção, gerando interesse sobre o tema pesquisado. Perguntas simples foram realizadas para verificar se o respondente daria contribuições importantes para o tema (HAIR JR., 2005). Em um primeiro bloco, buscou-se descrever a atuação do entrevistado e se o nível de conhecimento do mesmo sobre cabotagem seria suficiente para ele argumentar com propriedade sobre o assunto.

Posteriormente seguiu-se para questões sobre o tópico de pesquisa (HAIR JR., 2005). Foram realizadas dez questões divididas em subtópicos que serviram para manter ao máximo o respondente dentro do roteiro. No primeiro grupo, as perguntas discutiam as vantagens preconizados pelos provedores de cabotagem (custo, segurança e sustentabilidade). Na sequência, foram

adicionadas questões para identificar as vantagens e desvantagens do modal para as empresas, em ordem de importância, que serviram para que os entrevistados, após destacarem as possíveis e já mapeadas vantagens, pudessem conectar com as demais vantagens que surgiram no decorrer da entrevista, mantendo o raciocínio sobre o tema em questão.

Buscou-se também saber a importância desse modal para a organização e se as empresas conseguem diversificar a sua matriz de transporte para redução de custo mantendo flexibilidade. Foram ainda questionados se uma maior estabilidade na demanda permitiria aumentar a utilização do modal e se, após a greve dos caminhoneiros, ocorrida em maio de 2018, houve alguma mudança na matriz de transporte.

A coleta de dados foi realizada com uma amostra de empresas de diferentes setores (primário, secundário e terciário), portes (pequeno, médio e grande) e segmentos (alimentício, eletroeletrônico, higiene e limpeza, termoplástico e prestadores de serviços). Para melhor triangulação dos dados, foram selecionados usuários e não usuários desse modal (CRESWELL, 2003). A composição da amostra deu-se por diversos motivos. Primeiramente, os entrevistados selecionados atuam nos segmentos que mais utilizam o modal atualmente. Além disso, a escolha foi direcionada para aqueles que estão engajados na contratação, operação e revenda desse modal, com o objetivo de ampliar a possibilidade de identificar diferentes atributos que eles julgam ser vantagens e desvantagens em trabalhar com a cabotagem.

Foram convidadas a participar desta pesquisa, portanto, 25 pessoas, dos quais 21 aceitaram participar. Por questões de distância, 13 entrevistas foram realizadas por telefone e 8 entrevistas presenciais. As empresas participantes, em sua maioria, são líderes ou vice-líderes nos segmentos em que atuam. Também vale destacar que elas têm diferentes tempos de experiência com a utilização do modal, entre um e dez anos, pelo que foi registrado durante as entrevistas.

Mediante o aceite do entrevistado, as entrevistas foram gravadas e foram realizadas anotações para evitar que uma falha no gravador gerasse perda de informações (CRESWELL, 2003). O quadro 1 apresente o perfil dos entrevistados.

Quadro 1 – Caracterização dos entrevistados

Porte da Empresa	Cargos	Setores			Total
		Primário	Secundário	Terciário	
Grande	Gerente de Supply Chain		5		5
	Gerente de Compras Supply Chain		3		3
	Coordenador de Transportes		3		3
	Supervisor de Compras Logísticas		1		1
	Supervisor de Logística		1		1
	Diretor Produto Marítimo			1	1
	Gerente Produto Marítimo			1	1
Médio	Gerente Comercial			2	2
	Coordenador de Transportes	1			1
Pequeno	Supervisor de Logística			1	1
	Sócia Proprietária			1	1
		1			1
Total de entrevistados		2	13	6	21

Fonte: elaborado própria (2018)

Ao todo, foram entrevistadas 21 pessoas de 15 empresas diferentes. Duas empresas desse total não atuam na cabotagem, restando 13 empresas, que, de acordo com as informações coletadas durante as entrevistas, concentram um volume de embarque de 45.540 unidades por ano sendo transportado com algum desses três armadores destacados, o que representa aproximadamente 5,7% do total de unidades embarcado no ano de 2017 no Brasil. As principais rotas utilizadas pelas empresas pesquisadas foram de "cargas de subida", denominação dada por parte dos entrevistados para se referir ao transporte proveniente dos estados do sul/sudeste em direção ao norte/nordeste. Nove empresas atuam apenas com cargas nessa direção, sendo quatro empresas do setor secundário, três do terciário e duas do primário.

4 RESULTADOS

A partir da análise dos dados, os resultados foram agrupados em quatro categorias, descritas a seguir.

1.1. Motivação para uso da cabotagem

A partir das entrevistas, três motivações diferentes emergiram. A primeira é relacionada a empresas que atuam na região Norte e que deslocam suas cargas do norte para o nordeste, sudeste e sul. Segundo estes entrevistados, não há como pensar em operar sem a cabotagem para escoar os produtos de Manaus.

Empresas, que possuem modal rodoviário como alternativa para a cabotagem, dividem suas operações entre reduzir custo (cabotagem) e garantir entrega em prazos menores (rodoviário) de forma a assegurar o reconhecimento da receita.

Uma terceira motivação relaciona-se a dimensão dos produtos e a estratégia adotada de canal de distribuição. Como lidam com venda direta, as empresas adotam a cabotagem como forma de evitar a transferência do produto para um armazém, reduzindo custos e tempos de operação. No entanto, estes respondentes citaram que o volume migrado de venda direta para a cabotagem poderia ser ainda maior se houvesse maior confiabilidade no transporte rodoviário final entre porto e destino.

Todos os entrevistados usuários destacaram que a cabotagem é importante para sua operação, até os que usam pouco esse modal, considerando o potencial que poderia ser migrado. Um dos entrevistados destacou: "depois que a empresa passa a operar com esse modal, começa a conhecê-lo e o entende, dificilmente o abandonará". Outro entrevistado comentou que "somente não atua mais nessa modalidade porque não há um planejamento disciplinado de produção e venda".

Metade das empresas que atuam neste modal afirmou que consegue diversificar sua matriz de transporte para redução de custo mantendo a flexibilidade, porém a forma encontrada, segundo um dos entrevistados, é a seguinte:

"o próprio contratante realiza a contratação de cada modal respeitando o *core business* de cada um deles. Então, contrata a cabotagem porto a porto, uma transportadora e até a ferrovia para realizar algum dos trechos. Também contrata algum local para utilizar como ponto de transbordo de mercadoria e daí seguir com o fracionado."

1.2. Modelos de contratação

Dentro do modal de cabotagem, pode-se contratar o serviço "porto" (entrega do contêiner no porto de destino) ou "porta" (contratação de um serviço multimodal, que permite a coleta ou entrega da mercadoria no local indicado

no documento fiscal. Segundo os entrevistados, entre as 13 empresas atuantes, apenas três delas contratam o serviço porta a porta das empresas de cabotagem, o que sugere a existência de alguma ineficiência por parte dos atuais operadores, como dos entrevistados destacou, porque "falta a customização para o *last mile* (última milha, em português)." Foi enfatizado que essa falta de customização é um dos principais motivos de a cabotagem não conseguir entrar no *e-commerce*, já que é necessário oferecer um produto extremamente customizado para atender o cliente final, como, por exemplo, criar parceiros que já atuam com distribuição nas regiões-chave e, assim, desunitizar e seguir para a entrega em caminhões menores.

Dois entrevistados (empresas do setor secundário), informaram que atuam na modalidade porto a porto. Essas duas empresas do ramo alimentício contratam essa modalidade devido ao fato de possuírem frota própria de caminhões em suas origens, já que atuam com produtos que necessitam de refrigeração e condições operacionais mais flexíveis em relação ao procedimento e aos prazos de entrega ofertados pelos armadores. As organizações possuem, na região sul, a maior parte de sua produção e, com esta centralização das atividades e com frota própria, conseguem administrar melhor suas operações, ficando menos expostos a custos adicionais em caso de algum problema recorrente da operação, como também mais flexíveis para adaptar de acordo com a necessidade do momento.

Seis empresas contratam o serviço porto a porto e possuem argumentos diferentes para justificar a contratação nesta modalidade. Duas do setor primário optam por esse tipo de contratação devido aos custos adicionais que podem ser gerados durante uma operação rodoviária, pois a cabotagem, por exemplo, "pratica a cobrança dos custos extras, que são os custos adicionais, como a estadia, que podem ocorrer durante uma entrega, com parâmetros diferentes que o rodoviário, inviabilizando a contratação".

Apesar de os entrevistados informarem que realizam estudos para mudar sua matriz de transporte, os dados sugerem que são feitas apenas consultas pontuais a fim de tentar flexibilizar a matriz de transporte. Uma das empresas pesquisadas destacou que atua com um "fator multiplicador" junto com o time de vendas. Esse fator multiplicador, segundo o entrevistado:

"incrementa o uso da cabotagem, pois o time de vendas precisa vender múltiplo de X unidades de cada produto para que possa haver uma capacidade mínima para utilização do contêiner e assim tornar o modal competitivo. Com isso, se o cliente pede dez unidades a mais, por exemplo, não é possível realizar a venda, somente se atingir esse fator multiplicador."

1.3. Vantagens atuais da cabotagem

Uma das vantagens mais citadas pelos entrevistados foi o custo, destacado por todos, seguido da quase inexistência de avarias, furtos e roubos e sustentabilidade do modal, entre outras citadas em menor frequência. Quando se solicitou que listassem tais vantagens em ordem de importância para a empresa em que atuam, novamente o custo se destacou: 15 de 20 entrevistados colocaram essa vantagem em primeiro lugar.

Outros pontos positivos foram destacados pelos usuários, como a capacidade de transporte de grandes volumes e o estoque em trânsito. Apesar de estoque em trânsito gerar custos, ele acaba sendo muito utilizado para produtos com baixo valor agregado, de forma a manter o estoque mais próximo do cliente sem investir em um espaço de armazenagem. Tais vantagens estão entrelaçadas com o modal de cabotagem, pois navios carregam grandes volumes e, consequentemente, os usuários possuem seus estoques em trânsito.

Também surgiram vantagens até então não mapeadas, como, por exemplo, "giro de frota", pois a utilização da cabotagem, independentemente da modalidade (porto ou porta), gera para as empresas uma melhor utilização dos seus caminhões, sejam eles próprios, sejam de terceiros. Dois entrevistados destacaram que, em trechos de média e longa distância, aumentam o uso da cabotagem e, com isso, sua frota de caminhões próprios e de seus parceiros conseguem movimentar mais seus veículos.

A pontualidade das coletas e entregas do modal de cabotagem também foi reconhecida como uma vantagem, apesar das omissões de navios que ocorrem em algumas regiões em certos períodos do ano, pois sofrem com intempéries climáticas, impossibilitando a atracação dos navios. Foi destacado que a curta distância das entregas do trecho rodoviário fornece maior confiabilidade, e atrasos ou omissões de navios conseguem ser mais previsíveis, o que facilita a alteração da agenda de entrega, evitando assim o não comparecimento (*no show*).

Uma das vantagens mencionadas por um entrevistado que trabalha com produtos com grandes dimensões foi a facilidade de locomoção das cargas: antes levavam aproximadamente 50 dias do estado de Santa Catarina para o estado do Ceará, mas com a cabotagem o *lead time* foi reduzido para algo em torno de 15 dias. Também houve redução de 70% das licenças para trafegar, procedimentos que eram custosos e lentos; redução de avarias devido ao fato de haver menos trepidação durante o transporte; e aumentou a disponibilidade de veículos para transporte desse perfil de carga por estarem trabalhando em trajetos mais curtos, da fábrica até o porto de origem e do porto de destino até o local de entrega.

Outra vantagem destacada pelos entrevistados foi a possibilidade de armazenar os produtos dentro do contêiner, liberando espaço de armazenamento em seus armazéns, CDs e fábricas. Doze empresas afirmaram que utilizam o contêiner para ampliar sua capacidade de armazenamento, o que fazem de duas formas: 1) estufam o contêiner com o *mix* de carga que mais é vendido, a fim de deixar pronto o contêiner quando tiverem necessidade de embarcar, porém nessa operação o contêiner não é embarcado, ele fica armazenado em algum local; 2) seguem com o embarque do cliente que possui compras programadas e deixam-nas por um período armazenadas nos contêineres no terminal portuário de destino.

Apesar de a sustentabilidade ter sido mencionada como vantagem pelos entrevistados, apenas duas das 13 empresas que utilizam o modal afirmaram que possuem metas nesse sentido, sendo apenas para a redução de emissão de CO_2. Porém, quando questionados se pagariam mais para ter um modal mais sustentável, afirmaram que o custo acabaria sendo o fator decisivo da contratação, e não a sustentabilidade.

1.4. Desvantagens atuais da cabotagem

Foi destacado nas entrevistas que um *lead time* mais competitivo favoreceria o uso de cabotagem (resposta essa dada por 8 dos 13 entrevistados), seguido por preços mais atrativos, em especial para curtas distâncias. A principal queixa foi em relação ao tempo de antecipação para o contêiner ser entregue no porto para embarque e o prazo de liberação do contêiner após chegar no destino e não o tempo de trânsito (*transit time*).

A burocracia para a liberação dos contêineres para embarque e desembarque também prejudica a eficiência do modal, tornando-o mais lento. Portos e operadores de cabotagem copiam basicamente o procedimento de cargas de longo curso (exportação), ou seja, cargas devem ser depositadas com aproximadamente 3 dias antes da chegada do navio, e há diversos portos no Brasil que atuam basicamente de segunda a sexta em horário comercial, e finais de semana com restrições das operações, o que implica em um aumento de *lead time*, como força os transportadores

a operarem de segunda a sexta, gerando um acúmulo de carga para liberação tornando a operação menos eficiente.

A realização do trecho rodoviário pelas empresas de cabotagem foi destacada como um fator não competitivo, com fretes altos e custos adicionais precificados de forma diferente do modelo rodoviário tradicional. A não realização de entregas fracionadas também foi destacada como uma desvantagem, pois não é possível customizar uma operação, como faz o modal rodoviário. Com isso, foi majoritariamente (9/13) afirmado que o volume é um limitador do uso da cabotagem e que o uso de intermediários seria bem aceito. Todos os entrevistados informaram que já realizam esse tipo de operação com um intermediário, porém não é um produto vendido pelas empresas de cabotagem, e sim elaborado pelos usuários.

Também foram destacados pelos entrevistados os custos portuários, que são considerados desvantagens do modal, pois são incidentes as mesmas condições de cargas provenientes de importação ou exportação, como capatazia e armazenagem. Terminais deixaram de ter como foco apenas a movimentação de cargas; eles atuam vendendo armazenagem aos clientes, aumentando os custos dos usuários e, assim, prejudicando um modal que não possui incentivos. A cabotagem somente é levada em consideração pelos terminais portuários quando o volume de importação está baixo e é necessário aumentar a arrecadação.

A figura 2 destaca as vantagens e desvantagens identificadas durante a pesquisa. As vantagens demarcadas em azul escuro – redução de custo, sustentabilidade e baixo índice de avarias – são usadas com recorrência pelos atuais provedores e também foram mencionadas pelos entrevistados; as demais, não demarcadas, são as novas vantagens identificadas.

5- DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A cabotagem manteve-se ativa durante esses anos devido à existência de empresas de grande porte por trás dos armadores de cabotagem, empresas que a financiavam e a utilizavam para distribuir, ao redor do país, suas cargas provenientes de importação. No entanto, o cenário foi mudando ao longo dos últimos anos, com a cabotagem entrando em novos segmentos, ofertando novos serviços, ampliando sua atuação na modalidade porta a porta, ou seja, a proposta de valor da cabotagem se ampliou. Navios maiores para operar na cabotagem chegaram junto com a necessidade ampliada de a cabotagem realizar a distribuição no país das cargas provenientes de importação. É necessário, porém, dar o próximo passo, que é deixar de ser avaliada apenas pelo custo no momento da contratação. Deve-se levar em consideração as demais vantagens que esse modal pode gerar.

Vantagens de “conhecimento popular”, como custo e segurança da carga foram mencionadas constantemente pelos entrevistados. A sustentabilidade, no entanto, não é critério determinante na escolha do modal.

A partir das entrevistas, outras vantagens emergiram dos dados, como a capacidade de transportar grandes volumes; estoque em trânsito; giro de frota dos caminhões próprios ou de parceiros; capacidade de escoamento em regiões de difícil acesso rodoviário; pontualidade das entregas, possibilitando o uso do modal

para realizar a entrega final com maior assertividade e previsibilidade; *lead time* competitivo para cargas de grandes dimensões e utilização de contêineres para armazenagem ou antecipação de vendas a fim de otimizar seus espaços.

Figura 2 – Vantagens e desvantagens da cabotagem

VANTAGENS

- ■ Redução de custo
- ■ Sustentabilidade do modal
- ■ Baixo índice de avarias, furtos e roubos
- ☐ Capacidade de transportar grandes volumes
- ☐ Estoque em trânsito
- ☐ Giro de frota dos caminhões próprios ou parceiros
- ☐ Capacidade de escoamento em regiões de difícil acesso
- ☐ Pontualidade das entregas, possibilitando o uso do modal para realizar a entrega final com melhor assertividade e maior previsibilidade
- ☐ Lead time competitivo para cargas de grandes dimensões
- ☐ Utilização de contêineres para armazenagem ou antecipação de vendas a fim de otimizar seus espaços
- ☐ Possibilidade de revender o frete por um valor mais alto, sendo o frete considerado como receita, e não apenas custo

DESVANTAGENS

- ☐ Intempéries climáticos
- ☐ Lead time
- ☐ Falta de customização em suas operações
- ☐ Falta de confiabilidade na entrega final
- ☐ Não realização da entrega fracionada
- ☐ Custos portuários

Fonte: elaboração própria (2018)

Com a identificação desses benefícios que a cabotagem pode gerar, propõe-se que os provedores desse modal aprofundem o conhecimento sobre essas vantagens, com a finalidade de aprimorar a proposta de valor do modal e para que os usuários e não usuários possam ampliar seu conhecimento sobre a cabotagem, além da vantagem do custo, conseguindo melhor equilibrar sua matriz de transporte.

O presente estudo traz importantes implicações gerenciais. Para os embarcadores, a cabotagem deve ser avaliada não apenas com a percepção de redução de custo de frete, mas deve-se considerar também os demais benefícios identificados.

Para as empresas de cabotagem, recomenda-se que se tornem mais flexíveis na oferta de serviços personalizados aos seus clientes. Também se sugere que o governo e os operadores portuários forneçam condições comerciais, operacionais e legais específicas para essa modalidade, a fim de torná-la mais competitiva quando comparada com o transporte rodoviário. Deve haver algum tipo de diferenciação dessa modalidade no que tange a cargas provenientes de importação ou exportação, o que é extremamente importante para o desenvolvimento do modal e o incremento de conversões do rodoviário para a cabotagem.

O presente estudo não se propôs a ser definitivo e apresenta algumas limitações. Os resultados não podem ser generalizados além dos entrevistados. Futuras pesquisas quantitativas podem verificar se estas vantagens e desvantagens podem ser estendidas a demais embarcadores e explorar empresas que não adotam a cabotagem para avaliar se sua percepção sobre o modal seria influenciado pelos pontos positivos identificados em nossa pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Disponível em: Anuário (antaq.gov.br). Acesso em: 12/09/2021.

_____. Portos organizados do Brasil. Brasília: ANTAQ, 2018. Disponível em: <http://ANTAQ.gov.br/Portal/pdf/PortosOrganizados.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

ARAÚJO, João Guilherme Mattos Eyer de. Um retrato da navegação de cabotagem no Brasil. **Tecnologística**, 28 maio 2014. Disponível em: <http://www.tecnologistica.com.br/portal/artigos/66018/um-retrato-da-navegacao-de-cabotagem-no-brasil/>. Acesso em: 9 jul. 2018.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Transporte Aquaviário. **MTPA**, 2018. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/52-sistema-de-transportes/1432-transporte-aquaviario.html>. Acesso em: 9 jul. 2018.

CHESTNEY, Nina; SAUL, Jonathan. Analysis: new fuel rules push shipowners to go green with LNG. **CNBC**, 15 ago. 2018. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2018/08/15/reuters-america-analysis-new-fuel-rules-push-shipowners-to-go-green-with-lng.html>. Acesso em: 19 set. 2018.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações. 4ª edição. São Paulo: Pearson, 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT **Aspectos gerais da navegação interior no Brasil**. – Brasília : CNT, 2019. Disponível em:. https://cnt.org.br/aspectos-gerais-navegacao-brasil

___. **Anuário CNT de Transportes. Estatísticas Consolidadas**. 2020. Disponível em: PrincipaisDados.pdf (cnt.org.br)

CORBETT, James J.; WINEBRAKE, James. The impacts of globalization on international maritime transport activity: past trends and future perspectives. In:

CRESWELL, John W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 2. ed. Nebraska: Sage, 2003.

DAVID, Pierre; STEWART, Richard. **Logística internacional**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DIAS, Marco Aurélio P. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal**. São Paulo: Atlas, 2016.

FONSECA, João J. S. **Metodologia de pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Método de pesquisa**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

HAIR JR., Joseph F. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ILOS. **Matriz de Transportes a Espera de Investimentos**. Disponível em: https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014**. Synthesis Report. Disponível em: < https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf >. Acesso em: 02 dez. 2018.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – **IMO.** Sulphur 2020 – cutting sulphur oxide emissions. IMO, 2018. Disponível em: <http://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx>. Acesso em: 17 set. 2018.

KEEDI, Samir; MENDONÇA, Paulo C. C. **Transportes e seguros no comércio exterior.** 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

LOURENÇO, Milton. Cabotagem – o que falta para crescer. **Estadão,** 19 ago. 2016. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,cabotagem-o-que-falta-para-crescer,10000070518>. Acesso em: 9 jul. 2018.

MERCOSUL LINE. Tarifas e documentação. **Mercosul Line**, 2018b. Disponível em: < http://www.mercosul-line.com.br/areacliente_tarifas.php>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT**. Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, 2012. Disponível em: < http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>. Acesso em: 02 dec. 2018.

NAZÁRIO, Paulo. Intermodalidade: importância para a logística e estágio atual no Brasil. **Ilos**, 10 abr. 2000. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/tag/gestao-estrategica-dos-transportes/page/3/>. Acesso em: 10 set. 2018.

PORTO DE MANAUS. Nível do Rio Negro. Níveis máximo e mínimo. **Porto de Manaus**, 2018. Disponível em: <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=niveis-maximo-minimo-do-rio-negro>. Acesso em: 10 set. 2018.

ROYAL DUTCH SHELL. IMO 2020: a clear vision into 2020 with our suite of fuel solutions. **Shell,** 2018. Disponível em: <https://www.shell.com/business-customers/marine/fuel/marine-network/_jcr_content/par/textimage_1253347556.stream/1537882777020/6a9fc76eeb965db4f669c4390d897f6abe6deb79896b930c15670c0f714d17c1/shell-marine-imo-brochure-2020-v1.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

SCOTT, Mike. Sustainable shipping is making waves. **The Guardian**, Aug. 1, 2014.

SLEIMAN, Tamara; PITTALIS, Eleni. Feature: small shipowners put on the backburner for IMO 2020 solutions. **S&P Global Platts**, 24 ago. 2018. Disponível em: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/shipping/082418-feature-small-shipowners-put-on-the-backburner-for-imo-2020-solutions>. Acesso em: 19 set. 2018.

SPAUTZ, Daniela. Portos de Itajaí e Navegantes completam quatro dias sem movimentar navios. **Jornal de Santa Catarina,** 21 maio 2017. Disponível em: <http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2017/05/portos-de-itajai-e-navegantes-completam-quatro-dias-sem-movimentar-navios-9797431.html>. Acesso em: 11 set. 2018.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – UNCTAD. **Rethinking maritime cabotage for improved connectivity**. Geneva: UNCTAD, 2017. Disponível em: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtltlb2017d1_en.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNISDR. **UNISDR Annual Report** 2017. Geneva: UNISDR, 2018. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/58158_unisdr2017annualreport.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

VIEIRA, Guilherme Bergmann Borges. **Transporte internacional de cargas.** 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Supply Chain Decarbonization**, 2009. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_LT_SupplyChainDecarbonization_Report_2009.pdf> Acesso em: 02 dec. 2018.

ARTICLE 3



CREATING VALUE THROUGH CABOTAGE USE IN BRAZIL

Priscila Laczynski de Souza Miguel
Escola de Administração de Empresas de São Paulo - EAESP-FGV

Gilberto Gomes da Cunha Jénior
Escola de Administração de Empresas de São Paulo - EAESP-FGV

ARTICLE 3

RESUMO

A cabotagem vem apresentando um crescimento constante em movimentação de contêineres nestes últimos anos, deixando de ser coadjuvante no setor de transporte nacional. O presente trabalho buscou identificar as vantagens, além da redução de custo de frete, que este modal proporciona aos seus usuários. Baseada em uma pesquisa qualitativa com 21 entrevistados, os resultados apontaram, como fatores que motivam a adoção deste modo de transporte, sua capacidade de transportar grandes volumes; estoque em trânsito; giro de frota dos caminhões próprios ou parceiros; capacidade de escoamento em regiões de difícil acesso via rodovia; pontualidade das entregas, possibilitando o uso do modal para realizar a entrega final com melhor assertividade e maior previsibilidade; *lead time* competitivo para cargas de grandes dimensões; utilização de contêineres para armazenagem ou antecipação de vendas a fim de otimizar seus espaços; possibilidade de revender o frete por um valor mais alto, sendo o frete considerado como receita, e não apenas como custo.

Palavras-chave: Cabotagem, criação de valor, estudo qualitativo

ABSTRACT

The cabotage industry in has shown a steady increase in container movements, thus leaving a traditionally secondary role to occupy a strengthened market position. This study aimed to identify the advantages, besides just reduction of freight cost, that cabotage offers to its users. Based on a qualitative research with 21 interviews, the results provide evidence of the main benefits perceived by respondents: capacity to transport large volumes; having stock in transit; use of containers for storage or anticipation of sales in order to optimize their own or rented spaces; improved turn times for fleet, whether owned or partner trucks; load-flow capacity in regions with difficult access; punctuality of deliveries; competitive lead time for cargo with irregular/out-of-gauge dimensions; ability to perform last mile delivery with improved predictability; customer possibility of buying a rate and offering to his customer at higher price.

Keywords: Cabotage, value creation, qualitative research

1. INTRODUCTION

There are many factors underscoring the potential of cabotage in Brazil. With one of the world's longest coastlines (over 7,000 kilometres) and navigable rivers running through several regions, its ports are scattered all over the country, with major industrial hubs and cities located near the coast. Moreover, there are no climate risks with catastrophic weather events that could adversely affect coastal shipping (ANTAQ, 2018; UNISDR, 2018, CNT Navegação Interior, 2019).

Nevertheless, road transport still accounts for over 60% of goods shipped in Brazil, less than 13% of its highway network was paved in 2017. This underscores the need to seek alternative moments for transporting goods (CNT, 2020, ILOS, 2020).

Although cabotage is an interesting transport alternative in Brazil, sparse information on this sector, with scanty legislation and lengthy shipping times result in limited use of this option. It is thus felt that an analysis of the sector would be relevant, identifying other factors that could generate value for customers and thus attract them, looking beyond the costs. The following question consequently arises: how can the use of container cabotage in Brazil generate value for customers, not limited to cost analyses, but including other aspects of this mode?

This survey intends to describe the decision-making criteria of customers when choosing this mode, striving to understand the benefits offered by cabotage to its customers, other than cost. As specific goals, this survey seeks to identify the advantages and disadvantages of cabotage, other than cost.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

Maritime shipping handles more than 90% (by weight) of global trade, basically able to transport any type of cargo on a wide variety of specialised vessels (VIEIRA, 2002; KEEDI; MENDONÇA, 2000; DAVID; STEWART, 2010). Maritime shipping can be categorised into two types (KEEDI; MENDONÇA, 2000): a) long haul: international voyages carrying cargoes between countries, regardless of the distances to be covered; b) cabotage: coastal shipping carrying cargoes between ports in a single country, regardless of distances and trade pacts, such as South America's Mercosur trading bloc, for example.

Dias (2016, p.125) defines cabotage as "waterborne transport between two seaports or between coastal and river ports in a single country." However, as Vieira (2002, p. 87) explains, "if the route runs between two river ports, this will not be considered cabotage, but rather inland shipping." Fuelled by incessant demands to provide better service coverage, and with increasingly larger vessels docking along the Brazilian coast, cabotage has become an essential step in distributing long-haul cargoes, providing feeder services for both imports and exports, with no need for giant carriers to moor at ports along the Brazilian coast (UNCTAD, 2017).

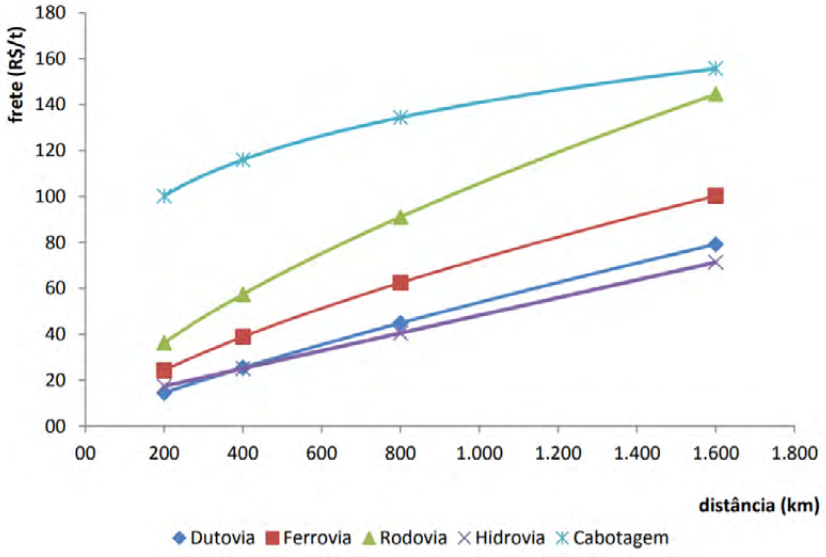
In 2020, some 241 million tons were handled by cabotage, including all types of cargoes: general, bulk, and containerised. This survey focuses on the transport of containerised loads, currently accounting for 8% of cargoes carried in 2020 (ANTAQ, 2020).

The positive points of cabotage are: lower freight costs per ton-kilometre; the capacity to handle large volumes, including hazardous goods; good safety; and high energy efficiency. Its downsides are: longer trip times; the need for handling during operations; and limited availability of vessels in ports and terminals, not allowing door-to-door delivery (CHOPRA, MEINDL, 2011, CNT Navegação Interior, 2019). Furthermore, current cabotage operators mention the lack of specific legislation for the sector, calling for reductions in the paperwork currently required for their operations.

Lower cost is the main competitive advantage of cabotage on today's market, and is still one of the main arguments used for selling this mode. In the past, coastal shipping offered limited coverage with few additional services; delivery times were far longer than road transport; ports were inefficient, and freighters were ready for the scrapyard, leading to delays and cancelled orders when they broke down during trips.

However, cabotage is becoming attractive for long-haul segments, meaning distances of 2,000 kilometres or more (NAZÁRIO, 2000). As shown in Figure 1, the freight rate per ton curve for coastal shipping alters the least as distances increase. This also shows that transport costs drop over short or medium distances, due mainly to fixed port costs (particularly wharfage), which remain unchanged, regardless of route length. For long-haul trips, wharfage accounts for some 18% of the total freight costs of a 40' container, and 26% for a 20' container. Over medium and short distances, port costs hover around 27% and 34% respectively for a 40' container, rising to 34% and 41% of total freight outlays for a 20' container (MINISTRY OF TRANSPORT, 2011; MERCOSUR LINE, 2018).

Figure 1: Comparison of freight rates by mode and distance



Source: Ministry of Transport (2012)

With 90% of the world's cargos shipped by sea on carriers fuelled largely by heavy oils (bunker) that generating pollutants such as sulphur dioxide, it is necessary to rethink and define strategies for lessening these emissions, through new technologies, refining fuels and redesigning routes (SCOTT, 2014). According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), transporting people and goods ranks high among economic activities generating the most greenhouse gases (IPCC, 2014). It is estimated that the transport and logistics sector generate around 2.8 megatons of greenhouse gases a year (WORLD ECONOMIC FORUM, 2009).

Between 2% and 4% of all heavy oils consumed worldwide are earmarked for shipping. Nevertheless, this mode still has the lowest carbon dioxide (CO_2) emissions rate (ten times less than road and air options), due to its ability to ship huge volumes in single trips (CORBETT; WINEBRAKE, 2008). This low level of CO_2 emissions by the shipping industry is likely to drop even further, after the 2016 agreement signed by shipping companies and the International Maritime Organisation (IMO). Its goal is to slash the sulphur content of fuels down from 3.5% to 0.5% by 2020 (IMO, 2018; ROYAL DUTCH SHELL, 2018).

There are three ways for shipping companies to comply with these new parameters: purchasing low-sulphur fuels; installing scrubbers; and building vessels that run on liquefied natural gas (LNG). However, all these options require heavy investments. Consequently, it is estimated that the container shipping industry alone would have to bear additional costs of USD 30 billion a year (CHESTNEY; SAUL, 2018; SLEIMAN; PITTALIS, 2018).

If all its headlands, rivers and bays are included, Brazil has more than 8,500 kilometres of navigable waters, with over 80% of its population living within 200 kilometres of the coast, thus demonstrating the potential of this mode for serving much of its population (ARAÚJO, 2014; LOURENÇO, 2016; BRASIL, 2018).

Two other major advantages are: fewer losses and damages, and almost no cargo theft and robbery. The former is a notable advantage for this mode, as cargoes are unitised in properly sealed steel containers, protected from bad weather and poor road conditions that jostle cargoes and damage goods. It is important to ensure that cargoes are always well unitised, properly protected and lashed down firmly to prevent in-container shifting. During most of these trips, cargo-carrying freighters are practically motionless, with excellent chances of cargoes reaching their destinations exactly as they were unitised (DIAS, 2016).

Finally, the almost complete absence of theft and robbery is also due to the fact that cargoes remain onboard for lengthy periods, with no outside contacts. A specific advantage of containers that should be highlighted is the virtual impossibility of identifying their contents, which are exposed only during the trip from the place of origin to the loading port, and then between the offloading port and their destination. These segments are usually short, with tax documentation requirements adding an extra layer of security (DIAS, 2016).

However, this mode also has some disadvantages compared to the competition, particularly road haulage, which is its most significant rival. The main disadvantage of cabotage is its lengthy lead times: the intervals between picking up goods and their delivery to their final destinations. Any pair of ports in Brazil where cabotage services are currently operating cannot outpace road haulage, as cargoes must be on hand at the port in advance and are offloaded only after the vessel's operations are complete, with inspections usually required as

well. Moreover, coastal shipping also has longer lead times because large volumes of cargo are carried all at the same time, usually with several players involved in its operations, such as ports, government agencies, road hauliers, and container terminals.

Another downside of cabotage is bad weather. Although Brazil is a tropical country with no track-record of catastrophic weather events, frequent problems in this mode are climate-related. For example: during various periods each year, unstable weather conditions – particularly strong winds and rough seas – make it hard for vessels to dock in the ports of Rio Grande do Sul State, located in Southern Brazil. In other regions, mooring can be difficult at river ports silted up by steady outflows of debris, leading to broader but shallower channels. This happens quite frequently at the Ports of Itajaí and Navegantes. In Northern Brazil, ports with floating docks (such as Manaus, for example), are subject to seasonal variations in river depths, which limits the quantities carried along its rivers during drier periods (SPAUTZ, 2017; PORTO DE MANAUS, 2018).

3. METHODOLOGY

Pursuing the purpose of this survey, an exploratory qualitative survey was conducted, collecting data through interviews with current, potential and non-customers of containerised cabotage. This qualitative survey offers insights into the experience and environment of each respondent, as in-person contacts ensure in-depth engagement with their experiences. High levels of interactivity with survey participants extend the understanding of the topic under analysis (RALLIS, 1998 apud CRESWELL, 2003, p. 186-187).

In-depth interviews were conducted with current containerised cabotage customers and non-customers. These semi-structured interviews were conducted over the telephone and in person, following a guide (APPENDIX A). This type of survey allows and even encourages respondents to explore side issues that arise, related to the core issue (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

The interview guide was drawn up in order to steer data collection and establish connections with the respondents. Its opening questions are designed to catch their attention, prompting interest in the survey topic. Simple questions check whether each respondent is likely to offer significant contributions to the theme (HAIR JR., 2005). The initial section explores the activities of the respondents, checking whether their knowledge of cabotage is sufficient for them to discuss this topic on a solid footing.

This was followed by ten questions on the survey topic (HAIR JR., 2005), divided into subtopics intended to keep the respondent aligned as closely as possible with the guide. The first group of questions examines the advantages urged by cabotage providers: cost, safety, and sustainability. Next, questions strove to identify the advantages and disadvantages of this mode for companies, in order of importance. After highlighting possible advantages and benefits already mapped, the respondents could then connect them to other advantages that emerged during the interview, upholding the reasoning on the theme in question.

Attempts were also made to discover the importance of this mode for the organisation, and whether companies are managing to diversify their transport matrix and lower costs, while maintaining

flexibility. They were also asked whether more stable demands would spur an upsurge in the use of this mode, and whether there were any changes to their transport matrixes after the lorry drivers' strike in May 2018.

Data was collected from a sample of companies in different sectors (primary, secondary, and tertiary), of varying sizes (small, medium, and large), and in several segments (food, electro-electronics, hygiene, and cleaning, thermoplastics, and service providers). For better data triangulation, users and non-users of this mode were selected (CRESWELL, 2003). The sample composition was steered by several reasons. First, the selected respondents operate in segments that currently make the most use of this mode. Furthermore, the choice focused more on people engaged in contracting, operating, and reselling this mode, with better chances of identifying different attributes that they rate as advantages and disadvantages when working with cabotage.

Consequently, 25 people were invited to participate in this survey, with 21 of them agreeing to do so. For reasons of distance, thirteen interviews were conducted by telephone, with eight face-to-face interviews. Most of the participant companies ranked first or second in the segments where they operate. It is also worth mentioning that they have different lengths of experience with this mode, ranging from one to ten years, according to information drawn from the interviews.

With the respondent's consent, the interviews were recorded, backed up by notes to prevent any loss of information caused by faulty recordings (CRESWELL, 2003). Table 1 presents the profile of these respondents.

Table 1 – Characterisation of the respondents

Company Size	Position	Sectors			Total
		Primary	Secondary	Tertiary	
Large	Supply Chain Manager		5		5
	Supply Chain		3		3
	Procurement Manager		3		3
	Transport Coordinator		1		1
	Logistics Procurement Supervisor		1		1
	Logistics Supervisor			1	1
	Shipping Product Director			1	1
Medium	Shipping Product Manager			2	2
	Sales Manager	1			1
Small	Transport Coordinator			1	1
	Logistics Supervisor			1	1
	Managing Partner	1			1
Total Nº Respondents		2	13	6	21

Source: Prepared by the authors (2018)

In all, 21 people from fifteen companies were interviewed. Two of these companies do not work with cabotage, leaving thirteen companies that, according to information collected during the interviews, together handle loading volumes of 45,540 units a year shipped with any of these three highlighted shipowners, accounting for some 5.7% of the total units shipped in Brazil during 2017. The main routes used by the surveyed companies were for "upstream cargoes", which is how some of the respondents described shipments travelling across Brazil, from South/Southeast towards the North/Northeast. Nine companies work only with cargoes moving in this direction: four in the secondary sector, three in the tertiary sector, and two in the primary sector.

4. FINDINGS

Based on the data analysis, the findings were clustered into four categories, as described below.

1.1 Reason for using cabotage

Three motivations emerged from the interviews. One is related to companies operating in Northern Brazil that ship their cargoes from the North to the Northeast, Southeast, and South regions. According to these respondents, there is no way of even considering operations without using cabotage to export goods from Manaus.

When road transport is available as an alternative to cabotage, companies split their operations between lower costs (cabotage) and faster deliveries (road) in order to ensure steady inflows of revenues.

The third motivation is related to product sizes and distribution channel strategies. As they work with direct sales, these companies opt for cabotage as a way to avoid transferring goods to warehouses, with lower costs and shorter operating times. However, these respondents mentioned that even higher volumes could be transferred from direct sales to cabotage if last-mile road transport (port to destination) was more reliable.

All the interviewed users stressed that cabotage is important for their operations, even those making use of this mode, being well aware of the potential for migration. One of the respondents noted: "once a company starts to operate with this mode, getting to know and understand it, there is little likelihood that it will abandon it. Another respondent commented that the company "doesn't work more with this mode only because there is no disciplined production and sales planning".

Half of the businesses working with this mode stated that they manage to diversify their transport matrix in order to lower costs while maintaining flexibility. However, the way in which they do so is the following, according to one of the respondents:

"The contracting party itself charters each mode, respecting the core business of each of them. So a company contracts port-to-port cabotage, a haulier, and even a railway to handle some of the legs. It also hires premises somewhere for use as a transhipment point for the goods, continuing from there onwards with cargoes that have been broken down."

1.2 Contracting models

Within the cabotage mode, services may be contracted on a "port" basis (delivery of the container at the port of destination) or a "door" basis (contracting multimode services that collect or deliver goods at the locations indicated in the tax documents. According to the respondents, only three of the thirteen companies in

operation contract door-to-door services from cabotage shipping firms, hinting at inefficiencies among current operators. As mentioned by the respondents, this is because "there is a lack of customisation for the last mile." It was emphasised that this lack of customisation is one of the main reasons why cabotage is unable to progress with e-commerce, as highly customised services are needed for reaching out to end-consumers. For example, this may require setting up partnerships with firms that already handle distribution in key regions, de-unitizing shipments, and planning deliveries in smaller lorries.

Two respondents (secondary sector companies) stated that they work with port-to-door shipments. Both these food companies prefer this mode as they have their own fleet of lorries at their locations of origin. This is a necessary step as their products require refrigeration and thus need operating conditions that are more flexible than the delivery terms and procedures offered by shipowners. With most of their production plants located in Southern Brazil, these organisations can manage the operations more efficiently by centralising these activities and using their own fleet, with less exposure to additional costs resulting from recurrent operating problems, in addition to the flexibility needed to adapt to the needs of the moment.

Six companies contract port-to-port services, justifying this through different reasons. Two primary sector companies opt for this type of contracting because of the additional costs that might be generated during road haulage. They note that, for example, cabotage, "charges extra costs such as accommodation, which may occur during delivery, with parameters different from road transport, so this contracting is not feasible."

Although the respondents stated that they perform studies for altering their transport matrixes, the data suggest that only sporadic attempts are made to endow transport matrixes with greater flexibility. One of the companies surveyed stressed that it works with a "multiplier factor" for the sales team. According to the respondent, this multiplier factor:

"steps up the use of cabotage, as the sales team must sell multiples of X units of each product, with minimum capacity for using the container, consequently making this mode competitive. So if the customer asks for ten more units, for example, the deal can't be closed until this multiplier factor is reached."

1.3. Current advantages of cabotage

One of the advantages of cabotage that was mentioned most frequently by the respondents was the cost, underscored by all of them. This was followed by the almost complete absence of breakdowns, thefts, and robberies, together with the sustainability of this mode, in addition to others that were mentioned less frequently. When asked to list these advantages in order of importance to the companies where they work, cost once again led the field: fifteen out of twenty respondents ranked this advantage in first place.

Other positive points were highlighted by the users, including capacities able to handle large volumes and inventories in transit. Although inventory in transit generates costs, this is often used for products with low added value, bringing goods closer to customers was no need for investments in storage facilities. These advantages are ingrained in the cabotage mode, as vessels carry huge volumes and users consequently have inventories in transit.

Other advantages also emerged that have not been met previously. They include, fleet turnaround times, for example, as using cabotage allows companies to make better use of their fleets (self-owned or outsourced), regardless of whether they opt for port or door modes. Two respondents mentioned cabotage use

for medium and long trips, thus making better use of their own fleets and those of their partners.

The punctuality of cabotage pickups and deliveries was also acknowledged as an advantage, despite shortages of vessels in some regions at certain times of the year, when bad weather prevents vessels from docking. It was noted that short-haul road deliveries are more reliable, while delays or other problems with vessels can be more predictable, making it easier to tweak delivery schedules and avoid no-shows.

One of the advantages mentioned by a respondent who works with large-size goods was the ease of shipping these cargoes: previously, trips from Santa Catarina State (in the South) to Ceará State (in the Northeast) lasted some fifty days. Using cabotage, this lead time shrank to around fifteen days. There was also a 70% reduction in road haulage licenses, with slow and costly paperwork; less damage caused by jolting along the way; and more vehicles available for hauling this type of cargo, as they are driving shorter routes (from factory to port of origin, and from port of destination to place of delivery).

Another advantage stressed by the respondents was the possibility of keeping products in the container, freeing up storage space in their warehouses, distribution centres, and factories. Twelve companies said that they use containers to expand storage capacity, which they do in two ways: 1) packing the container with top-selling cargo mix, so it is ready for shipment, but in this operation the container is not loaded, but is rather stored somewhere; 2) shipping goods to customers with scheduled purchases, leaving them stored in containers at the destination port terminal.

Although sustainability was mentioned as an advantage by the respondents, only two of the thirteen companies that use this mode said that they have goals in this field, addressing only CO2 emission reductions. However, when asked if they would pay higher fees for a more sustainable mode, they asserted that – on the bottom line – price (rather than sustainability) would be the decisive contracting factor.

1.4. Current disadvantages of cabotage

During the interviews, it was stressed that more competitive lead times would encourage the use of cabotage (according to eight of the thirteen respondents), followed by more attractive prices, especially for short-haul trips. The main complaint was the lead time for container arrivals at the port before shipment, and container release times after arrival at their destinations, rather than the actual transit times.

The paperwork required to release containers for loading and unloading also hampers cabotage efficiency, slowing down its flows. Ports and cabotage operators basically copy the procedures for long-haul exports, meaning that cargos must arrive some three days before the vessel docks. However, several Brazilian ports operate basically from Monday to Friday during business hours, with restricted weekend activities, leading to longer lead times, as carriers are forced to work only Monday to Friday. This builds up a backlog of cargoes awaiting release, with less efficient operations.

The way that cabotage companies handle the road leg was mentioned as an uncompetitive factor, with high freight rates and additional costs priced differently from the traditional road mode. The lack of fractioned deliveries was also stressed as a disadvantage, as operations cannot be customised as easily as road transport. Consequently, most (9/13) respondents stated that volume is a limiting factor for cabotage, with the use of intermediaries welcomed. All the respondents said that they already handle this type of operation with intermediaries, although this is not a product sold by cabotage companies, but rather prepared by the users.

Port costs were also mentioned by the respondents as disadvantages of this mode, subject to the same conditions as import or export cargoes, including wharfage and warehousing. Terminals no longer focus only on handling cargos; they also sell storage space to customers, increasing user costs and thus undermining a mode that has no incentives. Cabotage is taken into consideration by port terminals only when import volumes drop and revenues must be pumped up.

Figure 2 displays the advantages and disadvantages identified during the survey. Shown in dark blue, the advantages – cost reduction, sustainability, and low damage rates – are stressed repeatedly by current providers and were also mentioned by the respondents; the unmarked aspects are newly-identified advantages.

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Over the years, cabotage operations have continued, underpinned by the existence of major corporations behind cabotage shipowners, financing their operations for distributing their imported cargoes nationwide. However, this context has been changing over the past few years, with cabotage entering into new segments, offering innovative services, and expanding its door-to-door operations. In other words, the value proposition of cabotage has expanded. Larger coastal shipping vessels were brought into operation, together with expanded needs for cabotage to distribute imported cargoes all over Brazil. However, now it is time to take the next step, which is to cease being evaluated only by cost at the time of contracting. Other advantages must now be given due consideration.

Advantages that are common knowledge – such as cost and cargo security – were mentioned constantly by the respondents. However, sustainability is not a determining factor in mode choice.

During the interviews, other advantages emerged from the data: the capacity to transport large volumes; inventories in transit; fleet turnaround with self-owned or outsourced lorries; outflow capacity in regions where road access is difficult; punctual deliveries, whereby this mode can handle final deliveries with greater confidence and predictability; competitive lead time for large cargoes; and the use of containers for storage or advance sales, optimising space.

Figure 2 – Advantages and disadvantages of cabotage

ADVANTAGES

- ■ Cost reduction
- ■ Mode sustainability
- ■ Low damage, theft and robbery rates
- ☐ Capacity for transporting large volumes
- ☐ Inventory in transit
- ☐ Fleet turnover of self-owned or outsourced trucks
- ☐ Outflow capacity in regions that are hard to access
- ☐ Prompt deliveries, allowing mode use for final delivery with greater confidence and predictability
- ☐ Competitive lead time for large-size cargoes
- ☐ Use of containers for storage or advance sales, optimising spaces
- ☐ Possibility of reselling freight at a higher price, with freight viewed as revenue rather than just cost

DISADVANTAGES

- ☐ Bad weather, climate factors
- ☐ Lead time
- ☐ Lack of customisation in its operations
- ☐ Poor reliability for final deliveries
- ☐ No fractioned deliveries
- ☐ Port costs

Source: Prepared by the authors (2018)

Having identified the benefits that cabotage could generate, it is suggested that the providers of this mode extend their knowledge of these advantages in greater depth. While enhancing the mode value proposition, this would also ensure greater familiarity with cabotage users and non-users, extending beyond the cost benefit and helping them balance their transport matrixes more effectively.

This survey bears significant implications for management. Among shippers, cabotage should be assessed not only from the standpoint of lowering freight costs, but should also consider the other benefits identified here.

Cabotage companies are recommended to pursue greater flexibility through offering customised services to their clientele. It is also suggested that the government and port operators establish specific commercial, operating, and legal conditions for this cabotage, endowing this mode with a keener competitive edge, in comparison to road haulage. This mode should be clearly distinguished from import or export cargoes, which is an extremely important step for its development, spurring an upsurge in conversions from road to cabotage.

Making no claim to being definitive, this survey is subject to some constraints, and its findings cannot be extrapolated beyond its respondents. However, future quantitative surveys could explore whether these upsides and downsides could be extended to other shippers, reaching out to businesses not working with cabotage in order to discover whether the perceptions of this mode might be influenced by the positive points identified in this survey.

6. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Available at: Anuário (antaq.gov.br). Accessed on: September 12, 2021.

_____. Portos organisados do Brasil. Brasília: ANTAQ, 2018. Available at: <http://ANTAQ.gov.br/portal/pdf/PortosOrganisados.pdf>. Accessed on: July 10, 2018.

ARAÚJO, João Guilherme Mattos Eyer de. Um retrato da navegação de cabotagem no Brasil. **Tecnologística**, May 28, 2014. Available at: <http://www.tecnologistica.com.br/portal/artigos/66018/um-retrato-da-navegacao-de-cabotagem-no-brasil/>. Accessed on: July 9, 2018.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Transporte Aquaviário. **MTPA**, 2018. Available at: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/52-sistema-de-transportes/1432-transporte-aquaviario.html>. Accessed on: July 9, 2018.

CHESTNEY, Nina; SAUL, Jonathan. Analysis: new fuel rules push shipowners to go green with LNG. **CNBC**, August 15, 2018. Available at: <https://www.cnbc.com/2018/08/15/reuters-america-analysis-new-fuel-rules-push-shipowners-to-go-green-with-lng.html>. Accessed on: September 19, 2018.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações. 4ª edição. São Paulo: Pearson, 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT **Aspectos gerais da navegação interior no Brasil.** – Brasília: CNT, 2019. Available at: https://cnt.org.br/aspectos-gerais-navegacao-brasil

___. **Anuário CNT de Transportes. Estatísticas Consolidadas**. 2020. Available at: PrincipaisDados.pdf (cnt.org.br)

CORBETT, James J.; WINEBRAKE, James. The impacts of globalisation on international maritime transport activity: past trends and future perspectives. In:

CRESWELL, John W. **Research design:** qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 2. ed. Nebraska: Sage, 2003.

DAVID, Pierre; STEWART, Richard. **Logística internacional**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DIAS, Marco Aurélio P. **Logística, transporte e infraestrutura:** armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal. São Paulo: Atlas, 2016.

FONSECA, João J. S. **Metodologia de pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Método de pesquisa.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

HAIR JR., Joseph F. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

ILOS. **Matriz de Transportes a Espera de Investimentos.** Available at: https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014.** Synthesis Report. Available at: < https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/

SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf >. Accessed on: December 2, 2018.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANISATION – IMO. Sulphur 2020 – cutting sulphur oxide emissions. **IMO**, 2018. Available at: <http://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx>. Accessed on: September 17, 2018.

KEEDI, Samir; MENDONÇA, Paulo C. C. T**ransportes e seguros no comércio exterior**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

LOURENÇO, Milton. Cabotagem – o que falta para crescer. **Estadão**, August 19, 2016. Available at: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,cabotagem-o-que-falta-para-crescer,10000070518>. Accessed on: July 9, 2018.

MERCOSUL LINE. Tarifas e documentação. **Mercosul Line**, 2018b. Available at: < http://www.mercosul-line.com.br/areacliente_tarifas.php>. Accessed on: December 10, 2018.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT. **Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT**, 2012. Available at: < http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>. Accessed on: December 2, 2018.

NAZÁRIO, Paulo. Intermodalidade: importância para a logística e estágio atual no Brasil. **Ilos**, 10 abr. 2000. Available at: <http://www.ilos.com.br/web/tag/gestao-estrategica-dos-transportes/page/3/>. Accessed on: September 10, 2018.

PORTO DE MANAUS. Nível do Rio Negro. Níveis máximo e mínimo. **Porto de Manaus**, 2018. Available at: <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=niveis-maximo-minimo-do-rio-negro>. Accessed on: September 10, 2018.

ROYAL DUTCH SHELL. IMO 2020: a clear vision into 2020 with our suite of fuel solutions. **Shell**, 2018. Available at: <https://www.shell.com/business-customers/marine/fuel/marine-network/_jcr_content/par/textimage_1253347556.stream/1537882777020/6a9fc76eeb965db4f669c4390d897f6abe6deb79896b930c15670c0f714d17c1/shell-marine-imo-brochure-2020-v1.pdf>. Accessed on: September 17, 2018.

SCOTT, Mike. Sustainable shipping is making waves. **The Guardian**, August 1, 2014.

SLEIMAN, Tamara; PITTALIS, Eleni. Feature: small shipowners put on the backburner for IMO 2020 solutions. **S&P Global Platts**, August 24, 2018. Available at: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/shipping/082418-feature-small-shipowners-put-on-the-backburner-for-imo-2020-solutions>. Accessed on: September 19, 2018.

SPAUTZ, Daniela. Portos de Itajaí e Navegantes completam quatro dias sem movimentar navios. **Jornal de Santa Catarina**, May 21, 2017. Available at: <http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2017/05/portos-de-itajai-e-navegantes-completam-quatro-dias-sem-movimentar-navios-9797431.html>. Accessed on: September 11, 2018.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – UNCTAD. **Rethinking maritime cabotage for improved connectivity**. Geneva: UNCTAD, 2017. Available at: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtltlb2017d1_en.pdf>. Accessed on: September 12, 2018.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNISDR. U**NISDR Annual Report 2017**. Geneva: UNISDR, 2018. Available at: <https://www.unisdr.org/files/58158_unisdr2017annualreport.pdf>. Accessed on: July 10, 2018.

VIEIRA, Guilherme Bergmann Borges. **Transporte internacional de cargas.** 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Supply Chain Decarbonisation,** 2009. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_LT_SupplyChainDecarbonisation_Report_2009.pdf> Accessed on: December 2, 2018.

ARTIGO 4



OS IMPACTOS DO COVID-19 NO CONSUMO DE BENS BÁSICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA GESTÃO DA LOGÍSTICA URBANA

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Yasmin Fidelix
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

José Geraldo Vidal Vieira
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

Ricardo Coser Mergulhão
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

João Eduardo A. R.
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

ARTIGO 4

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é caracterizar o comportamento do consumidor quanto às compras de suprimentos básicos antes e durante o COVID-19, e a percepção do lojista antes da pandemia, assim como relacionar os comportamentos e percepções dos agentes com os desafios da logística urbana de abastecimento do mercado. Foram aplicados dois questionários em regiões classificadas como BOP (*Base of Pyramid*) e feitas análises descritivas e multivariadas por meio da análise de *cluster*. A pesquisa mostra que há um aumento na frequência de compra dos consumidores no período de pandemia, o que aumenta também a demanda dos lojistas e as necessidades logísticas das regiões, que se apresentam debilitadas principalmente pela falta de vagas para carga e descarga e infraestrutura viária. Os resultados mostram que houve um aumento de compras por aplicativos de entrega durante a pandemia, o que parece ser uma tendência e deverá exigir uma melhor infraestrutura viária nas regiões, tanto para veículos de grande porte (usados por fornecedores) como de veículos leves (usados por entregadores).

Palavras-chave: COVID-19, logística urbana, pequenos varejistas

ABSTRACT

This research aims to characterize consumer behavior when purchasing essential goods before and during the pandemic caused by the COVID-19, and retailers' perception during this pandemic period, as well as to relate the impact of such changes in urban supply logistics. Two questionnaires were applied in regions classified as BOP (Base of Pyramid) and descriptive and multivariate analysis were performed using cluster analysis. The research shows that there is an increase in the consumer's purchase frequency, which also increases the demand from retailers and the logistic needs of the regions evaluated, weakened mainly by the lack of infrastructure and spaces for loading and unloading. The results show that there was an increase in purchases acquired by delivery applications during the pandemics, which seems to be a trend, which may require from these regions a better road infrastructure for large (used by suppliers) and individual vehicles (used by deliverers).

Keywords: COVID-19, urban logistic, small retailers

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a pesquisa "Impacto nos hábitos de compra e consumo – Como a pandemia mundial está transformando o comportamento do consumidor brasileiro" (Opinion Box, 2020), 49% das pessoas relataram um aumento nos gastos com alimentos, e maior consumo de produtos de higiene e limpeza, frutas, verduras e legumes e alimentos prontos e congelados. A pesquisa citada também apresenta o aumento do hábito de compra desses produtos por meios online ou por entregas diretas ao consumidor.

Em regiões de baixa renda, o aumento percebido pode representar uma parcela significativa da renda dos consumidores, já que o preço (Jaisawl & Gupta, 2015) e produtos de marcas tradicionais (Kumar et al. 2016) são determinantes no ato da compra. Esses consumidores, geralmente de baixa renda, são classificados por Prahalad (2005) como *Base of Pyramid* (BOP) ou grupo de pessoas com características sociais comuns regidas dentro de uma comunidade localizada em regiões periféricas e com normas específicas. Tais regiões têm déficit de infraestrutura urbana e pouca oferta de serviços públicos (da Gama Torres et al., 2005), como presença da polícia e iluminação adequada das ruas próximas aos estabelecimentos.

Essa carência de infraestrutura é um fator que dificulta a acessibilidade ao local trazendo impactos negativos para a logística urbana (Oliveira et al.,2018a), uma vez que o acesso limitado à determinada área (ruas estreitas, sem infraestrutura viária para carga e descarga) aumenta o tempo de entrega e o custo das transportadoras (Quak, 2015), além de não existir regulamentação para veículos de carga, como, por exemplo, locais específicos de carregamento e descarregamento.

A motivação desse estudo parte do entendimento da dificuldade da entrega e recebimento de bens de consumo em regiões mais carentes da cidade de São Paulo. Além disso, entender o comportamento dos consumidores e pequenos comerciantes antes e durante o COVID-19, pode indicar pontos de melhoria a serem tratados pelos tomadores de decisão quanto à logística urbana, uma vez que a crise sanitária apresentou aumento da demanda e afetou a forma como os produtos são consumidos.

O objetivo desta pesquisa é relacionar o comportamento e as percepções de consumidores sobre padrões de consumo, antes e depois da pandemia causada pelo SARS-CoV-2, e dos varejistas (antes da pandemia), com os desafios da logística urbana de abastecimento de produtos de primeira necessidade. Para isso, foram implementadas duas coletas de dados primários junto aos varejistas e junto aos consumidores que contemplaram informações sobre as compras de suprimentos, desafios de logística urbana enfrentados e sobre o acesso aos produtos essenciais. Como contribuição, destacam-se os impactos sociais e econômicos gerados pela logística nas comunidades locais BOP, assim como os impactos que uma mudança de comportamento de compras pode causar no abastecimento local. A pesquisa pode servir ainda para gestores públicos elaborarem planos de logística urbana, de modo a melhorar a eficiência das entregas de última milha e melhorar o trânsito urbano de modo geral.

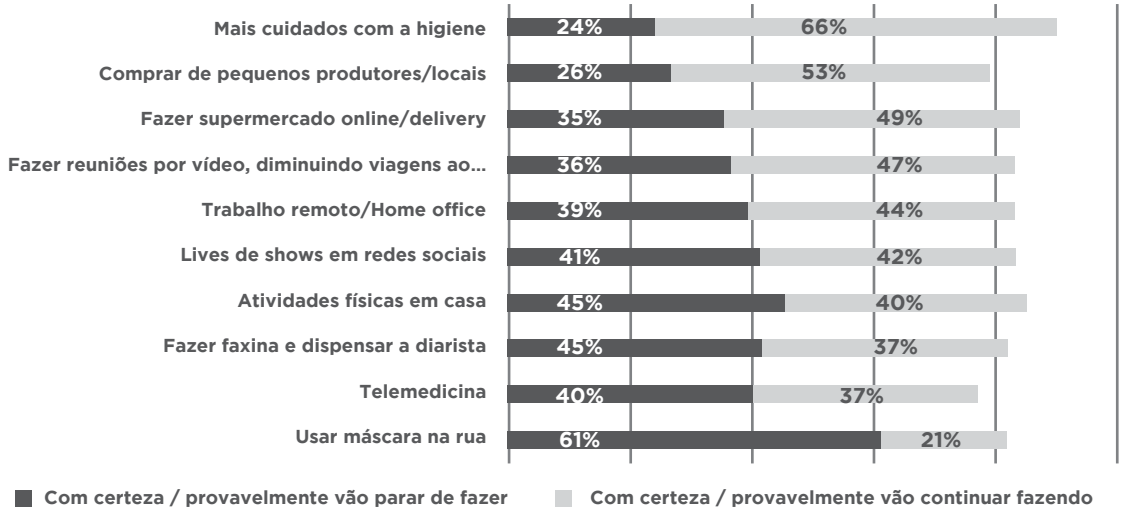
2. CONSUMIDORES DE PEQUENOS VAREJOS E A LOGÍSTICA URBANA EM REGIÕES BOP

O termo *Base of Pyramid* (BOP) (Prahalad, 2005) foi primeiramente usado para definir um grupo maior (base da pirâmide societal) com potencial de mercado local. Visto sua representatividade, empresas que investirem em marketing para clientes BOP podem ter oportunidades de crescimento (Prahalad, 2005), considerando que essa população, mundialmente, possui um poder de compra agregado de US$ 5 trilhões. Prahalad (2005) ainda descreve esses consumidores como "empreendedores resilientes e criativos, e consumidores valiosos", haja visto seu alto potencial agregado de compra. O olhar para este mercado traz benefícios mútuos para as empresas e população, principalmente nos países em desenvolvimento (Hart, 2008, p. 3).

A população BOP abriga pessoas que possuem diferentes normas sociais, idiomas, etnias, trajes culturais e regiões geográficas (Beninger & Robson, 2015). Karnani (2009) afirma que faltam regulamentações legais e sociais a fim de criar mecanismos para proteger esses consumidores de menor renda, além de superestimar o microcrédito e a não criação de oportunidades de trabalho. Mais importante, o conceito exime a responsabilidade do Estado de trabalhar na redução da pobreza e da desigualdade social, além de garantir segurança e regulações de trânsito para o comércio local. Os consumidores BOP são reconhecidos por comprarem em pequenos mercados próximos às suas residências, mesmo que tenham que pagar mais caro pelos produtos (Roger & Klevorick, 1971) de qualidade inferior (Jaiswal e Gupta 2015). Geralmente, esses consumidores compram pouco a cada vez, mas com maior frequência (Talukdar, 2008). Esses pequenos mercados representam grande parcela do faturamento das empresas. Por exemplo, cerca de 50% da receita de uma multinacional, como a Unilever, provém de mercados emergentes onde o pequeno varejo é o principal canal de distribuição (Boulaksil e Belkora, 2017).

A pesquisa Opinion Box (2020) também apresenta o hábito de compra dos consumidores BOP pós COVID-19. Há uma tendência dos consumidores manterem os hábitos de compras de produtos de pequenos varejos locais (53%), assim como fazer compras online (49%) (Figura 1). Em relação ao hábito de compras em supermercado, 44% dos respondentes diminuíram a frequência para ir a este tipo de estabelecimento, enquanto 34% diminuíram o tempo de compra e 26% estão comprando mais itens por vez. Além disso, 21% mudaram o horário que costumam comprar, 18% mudaram o local de compras e 17% mudaram o dia da semana em que as compras costumam ser feitas (Opinion Box, 2020).

Figura 1 - Novos hábitos/comportamentos esperados pós COVID-19



Fonte: Opinion Box (2020)

O comportamento da demanda também influenciou a forma de abastecimento das cidades. Além das mudanças referentes aos padrões de consumo, os estabelecimentos varejistas tradicionais sofreram impacto tanto do incremento do varejo eletrônico resultante das demandas de distanciamento social, como também das escolhas de consumidores por compras no comércio local. Essas mudanças interferem nos desafios já consolidados de atacadistas, varejistas e consumidores em relação ao abastecimento das cidades.

Esses desafios têm sido explorados por pesquisadores e gestores públicos em diferentes dimensões, mas consolidam decisões de logística urbana. Logística urbana é um dos ramos significativos da gestão da cadeia de abastecimento, que contempla as atividades relativas à entrega e à coleta de mercadorias em cidades (Aljohani e Russell, 2016). A logística urbana tornou-se central para a competitividade das grandes cidades e para a transição ecológica das atividades de distribuição (Neghabadi, Samuel e Espinouse, 2016). Uma logística urbana eficiente cria áreas urbanas mais produtivas e atrativas (Taniguchi et al., 2014).

É fato que há uma pulverização de pequenos varejos nos últimos anos (Fransoo, Blanco e Argueta, 2017) e isso tem gerado um aumento de veículos menores de carga em circulação devido à maior frequência de entregas (Marcucci et al., 2021), já que veículos maiores têm um maior número de restrições, tais como janelas de tempo, peso e tamanho dos veículos, zonas de circulação de veículos de carga (Dias et al., 2018; Dias et al., 2020). Geralmente pequenos varejos não têm infraestrutura para recebimento de mercadorias (área de carga e descarga, rampas de acesso e áreas de estacionamento para veículos de carga) (de Oliveira et al., 2021). Além disso, a falta de colaboração entre transportadores e varejistas quanto ao agendamento e à flexibilidade de entrega em outro horário também contribuem para a complexidade das entregas em uma dada região da cidade (Vieira, Fransoo e Carvalho, 2015).

Por um lado, como as regiões BOP apresentam déficit em infraestrutura urbana e serviços públicos (da Gama Torres et al., 2005), como, por exemplo, menor presença da polícia (Navarro, 2020), iluminação deficiente em locais de entrega (Dias et al., 2019), ruas estreitas (Vieira e Fransoo, 2015) e roubo de carga (Oliveira et al., 2019), as entregas são um desafio para os operadores de carga (Vieira, Fransoo e Carvalho, 2015). De acordo com Fransoo, Blanco e Argueta (2017) as entregas nessas regiões possuem grande

probabilidade de serem interrompidas por problemas de segurança.

Existem ainda limitações de regulamentação urbana que implicam em maiores dificuldades de acesso a essas áreas, como a omissão de mapas oficiais ou serem ocultados por autoridades (Observatório humano global, 2003). Por outro lado, as pesquisas mostram que os consumidores BOP são mais leais e mantém relacionamentos mais próximos com pequenos mercados (D'Andrea, Lopez-Aleman, & Stengel, 2006; Fransoo, Blanco e Argueta, 2017).

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Foi feita uma pesquisa tipo survey por meio de coleta de dados qualitativos e quantitativos junto aos comerciantes e consumidores das regiões de Itaquera e Vila Ré. Estas duas regiões apresentam grande potencial de mercado (Freitas, 2020), principalmente com o pujante crescimento do mercado imobiliário nas periferias do bairro a partir de 2017 (De Oliveira, 2020). No entanto, são regiões com altos índices de favelas (Rede Nossa São Paulo, 2019) e recorrentes episódios de violência devido à disputa de território entre traficantes (Vasconcelos, 2019). Tais regiões apresentam ainda falta de infraestrutura de saneamento e energia, de equipamentos culturais (Vasconcelos, 2019), de transporte de carga (com baixa disponibilidade para vagas de carga e descarga de mercadorias, alto índice de congestionamento e calçadas com condições precárias para carga e descarga (Navarro, 2020). Portanto, tais regiões podem ser classificadas como BOP, conforme características estabelecidas por Prahlad (2005). Estas duas regiões também podem servir de exemplo para outras regiões da cidade de São Paulo, pois possuem consumidores com renda semelhantes, varejos com características similaridades de tamanho e sortimento e com índices de desenvolvimento humano (IDH) similares. Segundo dados da Prefeitura de São Paulo (2017), Itaquera e vizinhança ocupam a vigésima primeira posição de menor IDH-M, entre 96 distritos da cidade de São Paulo. Esses distritos são, ainda, conhecidos por não apresentarem segurança quanto a roubos e furtos, o que implica em maiores desafios para os transportadores de carga (Rede Nossa São Paulo, 2019).

Foram utilizados dois questionários[1] para coletar a percepção dos varejistas e consumidores sobre suas compras e comportamento antes e durante o COVID-19. O primeiro questionário levantou informações sobre a localização dos estabelecimentos comerciais, a forma de compra de mercadorias, as preferências por fornecedores, as características das entregas e o método de compra dos clientes, sendo esses elementos investigados junto aos varejistas antes da pandemia COVID-19. O segundo questionário teve por objetivo identificar as mudanças que a pandemia causou no comportamento dos consumidores dessas regiões na compra de produtos de consumo não duráveis, sob a ótica dos consumidores. As perguntas também foram feitas com referência ao passado (antes da pandemia). Na Tabela 1 encontra-se um resumo das informações obtidas em cada questionário.

1 Os questionários podem ser solicitados aos autores.

Tabela 1 - Resumo de informações por questionário			
Questionário 1 – Pequenos Varejistas (antes da pandemia)			
Seção 1 Perguntas sobre o bairro	Seção 2 Perguntas sobre fornecedores, métodos de compra e entrega	Seção 3 Perguntas sobre clientes	Seção 4 Perguntas sobre o estabelecimento
Questionário 2 – Consumidores (durante a pandemia, porém com perguntas sobre o comportamento antes da pandemia)			
Seção 1 Perguntas sobre compras habituais de suprimentos básicos	Seção 2 Perguntas sobre compras de suprimentos básicos em tempos de COVID-19	Seção 3 Perguntas demográficas	

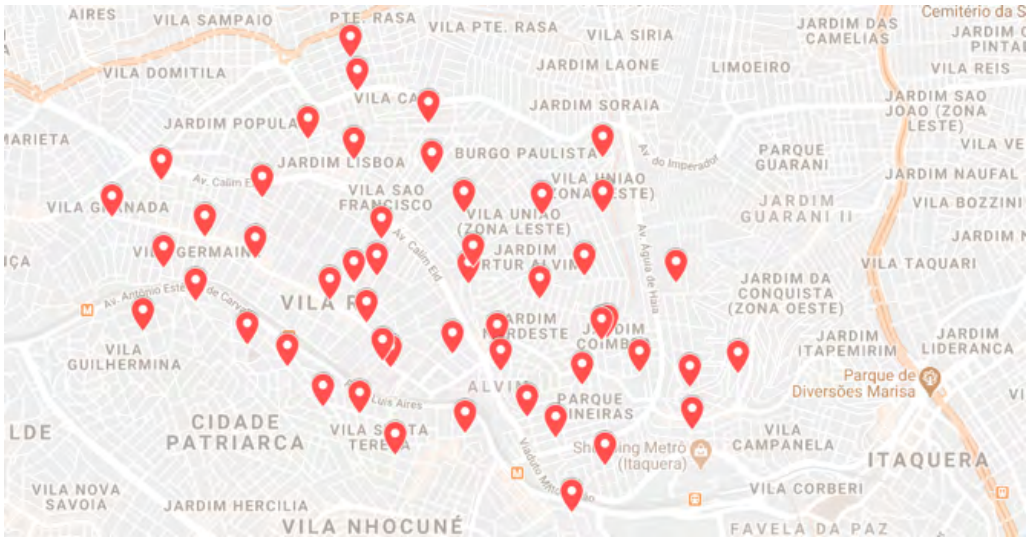
3.1 População, amostra e coleta de dados

A população dos varejistas refere-se àqueles registrados na Junta Comercial do Estado de São Paulo e totalizam 54 estabelecimentos ativos. Já os não-registrados são aqueles estabelecimentos que operam na informalidade, não apresentando um tamanho de população definida, sendo identificados apenas por uma amostragem espacial realizada in loco. Considerando os estabelecimentos registrados e os não registrados, foram obtidas 53 respostas espacialmente distribuídas (Figura 2). O questionário foi aplicado presencialmente aos varejistas, durante os meses de julho de 2019 a janeiro de 2020.

A Tabela 2 apresenta uma comparação das características demográficas dos dois distritos.

Tabela 2 - Características por distrito			
	Itaquera	**Penha**	**Fonte**
População	204.871	127.820	São Paulo (2020)
Área (km²)	14,4	11,30	São Paulo (2020)
Rendimento nominal mensal médio	R$1.191,38	R$1.679,35	São Paulo (2018)
Taxa de oferta de emprego formal por dez habitantes em idade ativa	1,32	2,63	Rede Nossa São Paulo (2020)
Proporção de domicílios em favelas, em relação ao total de domicílios	6,2	6,2	Rede Nossa São Paulo (2020)

Figura 2 – Locais onde foram obtidas respostas



Com base nas informações da Tabela 2, considerando um nível de confiança de 95% e uma margem de erro de 10%, a amostra mínima necessária de respondentes seria de 97 pessoas. Foram coletadas 121 respostas por meio de um questionário aplicado *online*.

O questionário (dos consumidores) foi aplicado por meio de um formulário online, enviado por meio de mídias sociais aos moradores dos bairros em questão.

Alguns pressupostos foram atendidos para avaliar a qualidade das respostas obtidas, fazendo com que a amostra fosse reduzida, porém ainda relevante estatisticamente:

- Valores de desvio padrão < 0,5 para as respostas de um mesmo questionário foram descartados, pois indicam um não comprometimento do respondente;
- Aplicação do teste de Mahalanobis para identificar outliers no grupo de respostas, no caso, se prob_mah < 0,1 o questionário é descartado.

3.2 Análise dos dados

Foram feitas análises descritivas e multivariadas das respostas obtidas por meio dos questionários. Para avaliar o nível de percepção dos entrevistados, em algumas questões foi utilizada uma escala de 0 a 10, sendo 0 uma percepção negativa a respeito do tema e 10 a melhor nota. Foi usada ainda a escala de Likert a fim de medir a concordância dos entrevistados a respeito de um conjunto de temas, além de percepções qualitativas que foram obtidas por meio das pesquisas in loco. Foram utilizados os softwares Excel 365, MiniTab versão 14.12.0 e IBM SPSS versão 1.0.0.1401.

Para os dados dos consumidores foram utilizadas a análise de frequência e a análise de *cluster*, com o objetivo de determinar grupos que possam revelar comportamentos tanto similares como distintos em relação aos hábitos de compras. Foram selecionadas questões do questionário para definir a amostra de forma demográfica e questões para fazer a montagem dos *clusters*. A fim de melhorar os resultados da análise, as categorias foram agrupadas para que a quantidade de respostas obtidas com o questionário fosse suficiente para analisá-lo. Os dados demográficos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição demográfica da amostra[2]

Emprego	Renda	Gênero	Geração	Faixa de Idade
Possui	Diminuiu em até 1/3	Feminino	Z	0 - 24
Não Possui	Diminuiu em até 2/3	Masculino	Millenials	25 – 39
Indefinido	Diminuiu em até 3/3		X	40 - 54
			Baby Boomer	55 – 79+

2 Nota: Baby Boomers (1941 – 1965) são chamados dessa maneira devido ao "baby boom" ocorrido após a segunda guerra mundial, procuram estabilidade e não são muito receptivos a mudanças. Geração X (1966 – 1980) são os filhos dos "baby boomers"; gostam de interagir com o novo, são conhecidos pelo foco na carreira. Millenials, ou Geração Y (1981 – 1995), crescidos na virada do milênio, é uma geração que tem mais facilidade e contato com tecnologia por terem crescido com ela, são mais preocupados com causas sociais e ambientais. Geração Z (1996 – atual), são os nascidos na era digital, desde pequenos, socializados por meio da tecnologia, são conhecidos por ser imediatista e multitarefas.

A Tabela 4 mostra as variáveis que contribuíram para a formação dos cluster, sendo o método Ward utilizado como algoritmo de agrupamento, segundo Hair et al. (2009) este é mais eficiente para encontrar clusters mais parecidos em termos de frequência.

A Tabela 4 apresenta a resposta média obtida por cada cluster para cada variável considerada. Para que uma solução seja válida, é necessário que os resultados obtidos pelo método Hierárquico (H) e Não Hierárquico (NH) sejam semelhantes, o que indica estabilidade da análise. Outra parte da validação da solução parte da formação dos clusters que segue o mesmo princípio da média, porém com o número de casos (N) que forma cada cluster. Dessa forma, foi calculado um Desvio Percentual (DP) das médias obtidas por cada método, bem como do número de casos (N) a fim de comparar as soluções pelo método Hierárquico e Não Hierárquico. A coluna QQ traz o número da questão considerada para a análise (Questionário 2).

Tabela 4 - Descrição dos clusters e validação da solução

Cluster	QQ	Variável	Média			N (Número de casos)		
			H	NH	DP (%)	H	NH	DP (%)
1	8	COMPRAS_MAIORES	0,96	0,58	65,52	14	18	-22
	5	LIMITACAO	-1,62	-1,76	-7,95			
	10	COMPRAS_ONLINE	-0,77	-0,69	11,59			
2	8	COMPRAS_MAIORES	0,91	0,86	5,81	33	35	-6
	5	LIMITACAO	0,63	0,63	0,00			
	10	COMPRAS_ONLINE	-0,26	-0,25	4,00			
3	8	COMPRAS_MAIORES	-0,97	-1,02	-4,90	49	40	23
	5	LIMITACAO	0,16	0,35	-54,29			
	10	COMPRAS_ONLINE	-0,37	-0,47	-21,28			
4	8	COMPRAS_MAIORES	0,16	0,01	1.500	24	27	-11
	5	LIMITACAO	-0,26	-0,16	62,50			
	10	COMPRAS_ONLINE	1,56	1,47	6,12			

As variáveis contidas na Tabela 4 representam a atitude ou comportamento do consumidor. Assim, quanto maior a média obtida pela análise, mais sensível será o *cluster* para aquele quesito, logo mais participativo em determinada categoria e mais positiva sua atitude de compra. Ou seja, determinado grupo de clientes tende a ter melhor comportamento de compra em tempos de pandemia, fazendo-as online, por exemplo.

A variável 'COMPRAS_MAIORES' avalia se os consumidores fizeram ou não compras maiores em tempos de pandemia. A variável 'LIMITACAO' avalia a possibilidade de limitação de compras em tempos de pandemia seguindo orientações de autoridades e órgãos competentes. A variável 'COMPRAS_ONLINE' avalia o hábito de fazer compras online durante o período de isolamento social.

Embora 4 variáveis tenham dado uma diferença percentual relativamente grande (destacadas em negrito) entre as duas análises - hierárquica (H) e não hierárquica (NH) - nos outros aspectos os *clusters* desempenharam resultados próximos, o que indica uma estabilidade da solução encontrada, tomada, portanto, como válida, dado que em 75% das outras comparações, o Desvio Percentual foi aceitável, mantendo-se abaixo de 23%.

Após a identificação de que os 4 (quatro) *clusters* se distinguem entre si considerando-se seus desempenhos (COMPRAS_MAIORES, "LIMITACAO" e COMPRAS_ONLINE), procedeu-se com a interpretação desses clusters. Esta etapa seguiu as recomendações de Hair et al. (2009). Para tanto, foram analisadas as variáveis demográficas (Geração, Renda, Sexo e Diminuição da Renda Familiar) para verificar se os clusters eram distintos, permitindo assim que perfis demográficos com significância prática pudessem ser identificados. A composição de cada cluster em termos de variáveis demográficas pode ser vista nas Figura 3 (A, B, C e D).

Figura 3A - Composição geração

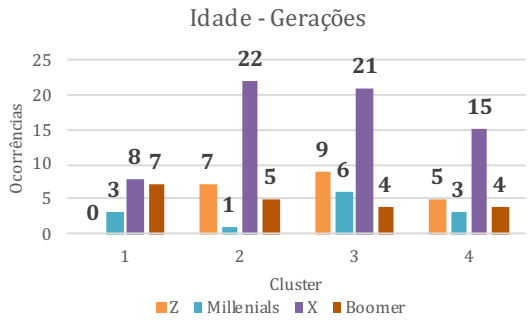


Figura 3B - Composição renda

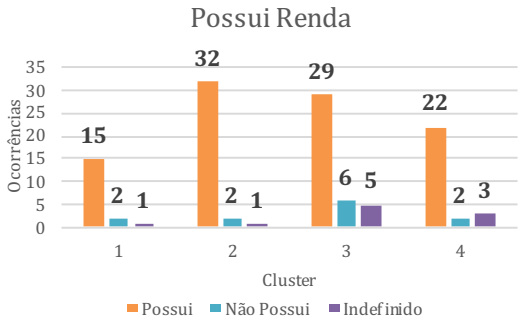


Figura 3C - Composição gênero

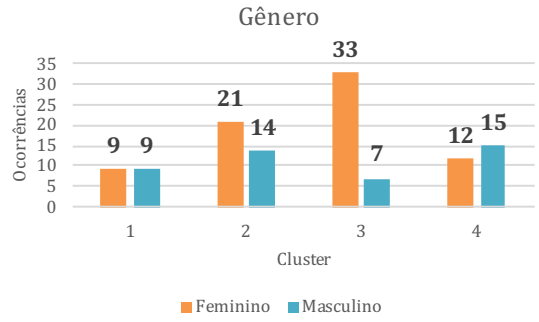
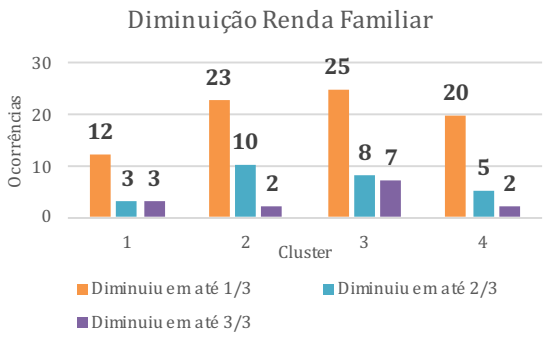


Figura 3D - Composição variação da renda familiar



Para cada Figura, observam-se quatro *clusters*. A Figura 3A apresenta a composição de cada *cluster* por gerações. A geração X é predominante em todos eles, mas mostra-se mais concentrada nos *clusters* 2 e 3. A Figura 3B mostra que em todos os clusters predominam pessoas que possuem renda, portanto, não é possível diferenciá-los sobre a presença de renda. A composição dos clusters referente ao gênero é apresentada na Figura 3C; os *clusters* 2 e 3 são predominantemente formados por pessoas que se identificam com o gênero feminino; o *cluster* 1 não difere quanto ao gênero; e o *cluster* 4 possui em sua maioria pessoas que se identificam com o gênero masculino. Na Figura 3D todos os clusters apresentaram redução na renda familiar em até 1/3; assim como na Figura 3D, não é possível diferenciá-los quanto à diminuição da renda.

Para análise dos dados dos varejistas foram utilizadas medidas como: média, moda, primeiro quartil (Q1), mediana (Md), terceiro quartil (Q3) e interquartil (IQR) a fim de avaliar a dispersão e tendência central dos conjuntos de dados. Além disso, foi utilizada análise de correlação entre as variáveis para melhor interpretação dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação e análise dos resultados é feita em três categorias: consumidores, varejistas e as implicações logísticas da correlação entre ambas as partes. As análises indicam a perspectiva e as experiências de cada grupo antes e durante a pandemia e as suas influências em diversos aspectos.

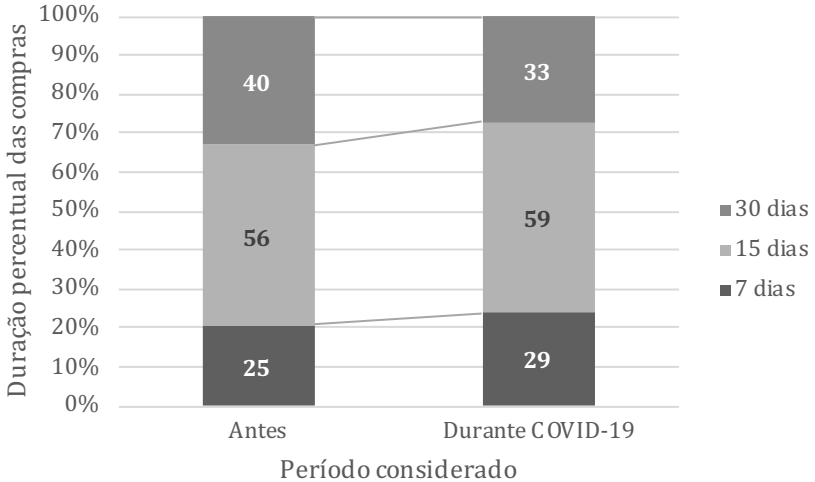
4.1 Consumidores

55,3% dos respondentes possuem idade entre 35 e 54 anos. As famílias são compostas majoritariamente por pessoas entre 13 e 64 anos. 62,81% dos entrevistados pertencem ao gênero feminino e 76,9% estavam trabalhando. Apenas 39,67% dos entrevistados relataram que não houve impacto negativo na renda familiar em decorrência do COVID-19. Para aqueles que a renda foi afetada, 26,45% relataram que esta diminuiu em até 30%.

Para as compras habituais os consumidores preferem fazê-las em hipermercados (64,18%). No entanto, mercados de bairro aparecem na segunda opção com 31,34% de preferência do público. As compras são feitas para armazenagem na grande maioria dos casos e possuem grande diversidade acerca do tipo de produtos que estão inclusos. 52,89% dos respondentes declararam que não houve aumento na quantidade de suprimentos comprados, mas o motivo que os levaram a fazer compras emergenciais foram: a necessidade de fazer compras de suprimentos básicos (37,79%), a preocupação com a família (25%) e as medidas de isolamento estabelecidas pelo governo (19,19%). As medidas de isolamento, notícias locais e recomendação do Governo local impulsionaram a decisão de compra.

Apesar dos consumidores alegarem não fazer mais compras, a duração média indica o contrário, como visto na Figura 4. O período de reposição de compras que durava entre 7 e 15 dias aumentou durante a pandemia, e as compras que antes duravam 30 dias diminuiu. Logo, durante o COVID-19 as compras passaram a durar menos, e consequentemente a frequência de idas ao mercado aumentou, muito provavelmente em função do maior número de pessoas permanecerem integralmente em casa.

Figura 4 - Comparação do período de frequência de reposição de compras antes e durante o COVID-19.



Ocorreram diversas campanhas de mobilização e de apoio aos pequenos varejistas, para que esses tipos de estabelecimento não fechassem em decorrência da pandemia. Diante disso, 69,42% dos respondentes disseram aderir à campanha e estarem cientes da sua importância, 26,45% alegaram estarem cientes da importância do movimento, mas não fazem compra nesse tipo de estabelecimento; e apenas 4,13% não acham que a campanha seja relevante.

Considerando o comportamento de cada *cluster*, destacam-se as mulheres da geração X, que são mais propensas a não efetuar compras maiores em tempos de pandemia e, consequentemente, seguir recomendações do governo sobre limitação de compras (*cluster* 2). Esse grupo de consumidores, também apresenta maior propensão em fazer compras online devido às medidas de proteção do COVID-19. Homens da geração X são mais propensos a fazer compras maiores. No entanto apresentam a segunda maior média em relação à limitação, o que indica que, apesar maior propensão a compras maiores, caso houvesse uma recomendação do governo, limitariam suas compras. Esses consumidores não costumam fazer compras online em tempos de pandemia.

4.2 Varejistas

A pesquisa com os varejistas aborda perspectivas do comércio na região onde estão estabelecidos, além de inferências sobre o comportamento de clientes e compras de fornecedores. Em média, os varejistas possuem 7 funcionários, e atendem 240 clientes diários, com um ticket médio de R$ 53,00 por cliente. O método de pagamento é diversificado, com destaque para cartão de débito (34,21%) e dinheiro (30,26%).

Apenas 20% dos varejistas possuem vagas destinadas à carga e descarga de mercadorias e nenhum deles está disposto a recebê-las no período noturno. O maior motivo para tal posicionamento é a falta de segurança e o medo de assaltos. A segurança da região é um fator que influencia diretamente as decisões tomadas pelos varejistas. A Tabela 5 apresenta a percepção dos varejistas sobre aspectos da região onde estão localizados, sendo que quanto maior a nota atribuída, melhor é o desempenho da região em determinado aspecto.

Tabela 5 - Percepções dos varejistas sobre aspectos da infraestrutura da região

Percepções	Média	Desvio Padrão	Q1	Md	Q3
Facilidade de acesso à loja	8,11	2,44	7	9	10
Intensidade do tráfego de veículos	7,15	2,20	5	8	9
Presença de polícia	6,57	2,46	5	7	8
Iluminação pública	6,08	2,83	4	7	8
Furto e roubo de carga	5,96	3,04	4	7	8
Vagas para carga/descarga	5,64	3,46	3	5	9
Sinalização nas ruas	5,64	3,01	4	6	8
Ocorrência de assaltos	5,42	2,66	3	6	8
Ocorrência de multas	4,94	2,84	3	5	7
Estados das ruas e calçadas	4,83	2,68	3	5	7
Segurança em deixar o carro na rua	4,68	2,42	3	5	6
Respeito às regras de trânsito	4,26	3,16	1	4	6

A 'facilidade de acesso à loja' e a 'intensidade do tráfego de veículos' na região apresentaram as maiores médias. Os lojistas consideram que possuem estabelecimentos bem localizados, perto de vias importantes do bairro, e consideram a intensidade do trânsito como uma oportunidade, uma vez que há um número maior de pessoas transitando por sua loja, além de implicar em maior sensação de segurança. Os valores elevados da mediana (9 e 8), respectivamente para estas duas percepções, mostram, que pelo menos 50% dos varejistas parecem ter um excelente julgamento quanto à localização do seu estabelecimento no bairro, mesmo que a região não ofereça uma boa infraestrutura viária ou de segurança pública, como mostra os dados da Tabela 5. Neste sentido, as menores médias relacionam-se com o 'respeito ao trânsito', 'segurança em deixar veículos estacionados na rua', 'estado das ruas e calçadas' e 'ocorrência de assaltos', resultados também corroborados por Navarro (2020). A presença de vagas para carga/descarga embora tenha apresentado uma média baixa (5,64) apresenta o maior desvio padrão (3,46), provavelmente devido à dualidade entre haver ou não vagas na região. Esses aspectos que receberam as menores médias apresentam também valores mais baixos entre os quartis quando comparados com as demais percepções. Por uma parte, estes são aspectos relacionados à gestão pública dos locais, uma vez que providenciar segurança e infraestrutura são tarefas governamentais. Por outro lado, alguns aspectos se referem ao comportamento dos entregadores ou daqueles que fazem uso ineficiente da infraestrutura urbana ou que simplesmente a negligenciam. Por exemplo, o aspecto 'respeito às regras de trânsito' teve a menor avaliação. De certa forma, como o tráfego local é intenso, há uma maior probabilidade de não haver cumprimento de regras (estacionar em fila dupla, parar em locais que não são de carga e descarga, exceder a velocidade da via, parar fora do horário permitido, etc.).

A Tabela 6 mostra a correlação entre alguns parâmetros que qualificam a região onde os comércios estão situados. Por exemplo, os comerciantes percebem uma correlação positiva entre a presença de iluminação pública e presença de polícia, assim como assalto e estado das ruas e calçadas (Navarro, 2020), o que pode significar que locais com menor investimento governamental em infraestrutura são também considerados mais perigosos. O acesso às lojas tem correlação positiva com a sinalização das ruas, assim como o tráfego de veículos, o que sugere que os comerciantes consideram que o seu comércio está localizado em locais de alta movimentação e com trânsito constante, o que também pode trazer maior sensação de segurança.

Tabela 6 - Fatores que podem interferir na entrega de mercadorias

PARÂMETRO 1	PARÂMETRO 2	CORRELAÇÃO
Iluminação	Presença de polícia	0,70
Acesso à loja	Sinalização nas ruas	0,65
Sinalização nas ruas	Tráfego de veículos	0,61
Acesso à loja	Tráfego de veículos	0,54
Assalto	Estado das ruas e calçadas	0,51
Vagas para carga/descarga	Tráfego de veículos	0,49
Assalto	Furto e roubo de carga	0,46

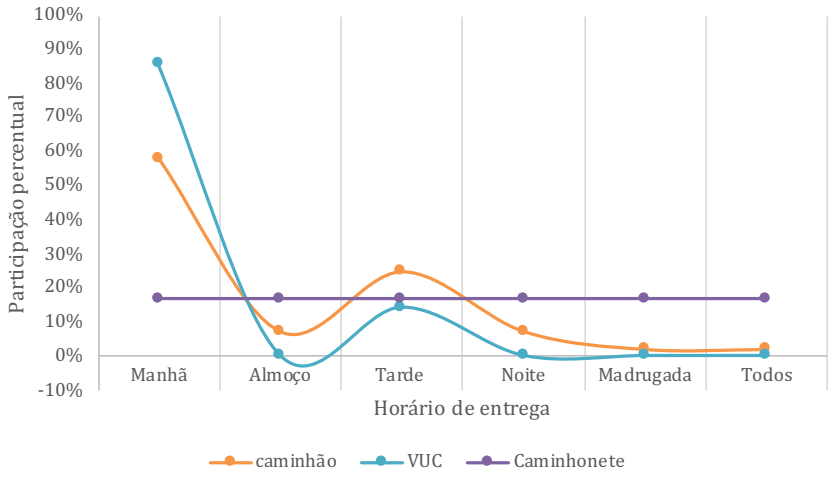
A presença de vagas para carga e descarga, segundo os comerciantes, é algo que melhoraria o tráfego de veículos (0,49), uma vez que o trânsito não seria prejudicado em operações de carga e descarga, além de evitar que o motorista gastasse tempo desnecessário à procura de uma vaga. Já a correlação positiva entre assalto e roubo de carga já era esperada, uma vez que os comerciantes identificam o local onde estão estabelecidos como potenciais alvos dadas as condições de infraestrutura pública.

Apenas produtos perecíveis e de uso diário como leite, pães e derivados (25,45%) e hortaliças, leguminosas/frutas (9,09%) são vendidos sob encomenda por alguns varejistas. Do lado do abastecimento dos estabelecimentos, cerca de 22% dos comércios são atendidos exclusivamente por fornecedores enquanto no restante é comum os comerciantes fazerem a compra por conta própria de determinados itens como cereais/grãos e açúcar/doces. Os comerciantes que fazem compra por conta própria costumam utilizar seus veículos de passeio na tarefa.

Para os varejistas atendidos por fornecedores, a forma de pagamento é, em quase sua totalidade, feita por boleto, com as entregas feitas por caminhão (77,36%). O tempo de espera para a entrega costuma variar muito, mas gira em torno de 48h após efetuado o pedido. O maior fluxo de clientes nesses estabelecimentos concentra-se aos finais de semana, com destaque para sábado, nos períodos da manhã e da tarde (totalizando 64,15%). Mais de 90% dos fornecedores e dos clientes preferem visitar o varejista no período diurno, preferencialmente pela manhã (75,47% e 64,52%, respectivamente para fornecedores e clientes). Holguín-Veras (2005) também aponta em seu estudo a indisponibilidade dos comerciantes em receber entregas noturnas pelo custo extra associado à mão de obra.

A relação entre período de entrega e veículos utilizados também é crucial para entender o trânsito nessas regiões. A Figura 6 mostra que o tráfego de mercadorias é feito majoritariamente no período da manhã e por veículos de grande porte como caminhões, mas também por veículos urbanos de carga (VUC), o que permite estabelecer um padrão de entrega.

Figura 6 - Relação entre período de recebimento de mercadorias e veículo utilizado na entrega.



O tempo médio de reposição dos produtos também é um fator que influencia diretamente no processo de entrega. A pesquisa revelou que os comércios de bens de consumo não duráveis costumam repor seus produtos semanalmente e quinzenalmente. É possível perceber que os dados de frequência de reposição e produtos mais consumidos se complementam, uma vez que aqueles produtos que apresentaram maior frequência de reposição semanal, são também aqueles apontados pelos lojistas como os mais consumidos. As Tabelas 7 e 8 apresentam, respectivamente, os dados de frequência de reposição e demanda por produto. Estão destacados em negrito aqueles produtos com maior média de consumo e reposição nas lojas.

Tabela 7 - Frequência de reposição por produto por varejista

Produto	Diaria-mente	De 2 a 6 vezes na semana	Uma vez na semana	15/15 dias	1 vês no mês	Não trabalho
Cereais/grãos	-	3	20	23	5	2
Hortaliças/leguminosas/frutas	7	10	16	6	-	14
Enlatados	-	3	21	18	11	-
Álcool e cigarros	4	5	29	12	2	1
Produtos de higiene pessoal	-	5	18	20	8	2
Leite pães e derivados	1	6	29	14	1	2
Carne e ovos	4	6	30	9	3	1
Açúcar e doces	-	5	20	23	5	-
Refrigerantes e sucos	2	5	36	10	-	-
Produtos de limpeza	-	5	16	26	4	2

Tabela 8 - Produtos com maior saída

Produto	Média	Desvio Padrão	Q1	Md	Q3
Refrigerantes e sucos	9,10	1,20	8	10	10
Leite pães e derivados	8,82	1,37	8	9	10
Álcool e cigarros	8,48	1,58	8	9	10
Hortaliças/leguminosas/frutas	8,38	1,89	8	9	10
Açúcar e doces	8,17	1,49	7	8	10
Carne e ovos	8,04	1,17	7	8	9
Produtos de limpeza	7,74	2,11	7	8	9
Produtos de higiene pessoal	7,26	1,80	7	7	8
Enlatados	5,98	2,40	5	6	8
Cereais/grãos	5,76	2,43	4,5	6	7

Quanto à escolha do fornecedor (Tabela 9), os critérios que mais se destacaram foram: 'preço baixo', 'popularidade do produto', 'entrega na loja', e qualidade do produto', apresentando valores de média próximos ou superiores a 8,5 e mediana igual a 10 (o que mostra que, pelo menos 50% dos respondentes identificam tais critérios como muito importantes).

Tabela 9 - Critérios na escolha de um fornecedor

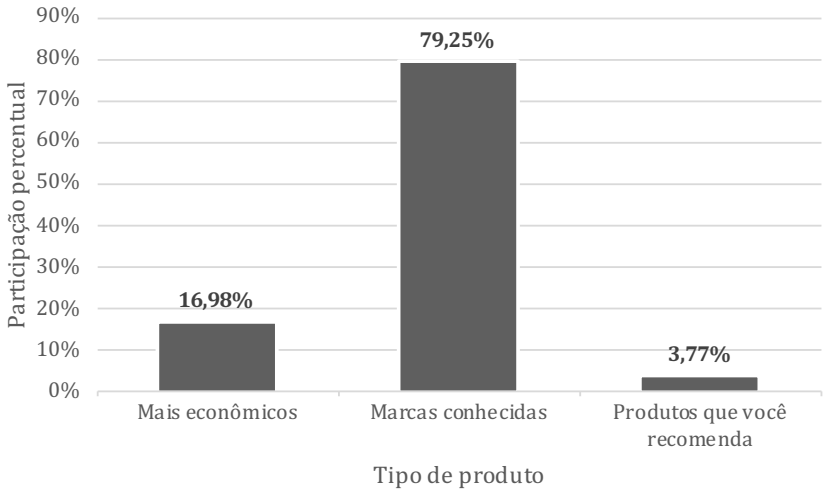
Produto	Média	Desvio Padrão	Q1	Md	Q3
Preço baixo	9,28	1,06	8	10	10
Popularidade do produto	9,17	1,87	9	10	10
Entrega na loja	9,17	2,05	9	10	10
Qualidade do produto	9,00	2,06	9	10	10
Variedade de produtos	8,62	2,05	8	9	10
Promoção	8,62	2,12	8	10	10
Crédito (maior prazo de pagamento)	8,40	2,54	8	10	10
Horário de entrega	8,26	2,27	8	9	10
Confiança no relacionamento	8,19	2,31	8	8	10
Compra em pequenas quantidades	8,06	2,55	7	8	10
Fornecimento de publicidade/ mobiliário	7,81	2,39	8	8	10
Proximidade	6,74	3,03	5	8	9

Já a 'proximidade' foi o critério com a menor média e maior desvio padrão (6,74 e 3,03 respectivamente). O valor do primeiro quartil (5) aponta que ao menos 25% dos entrevistados não consideram esse parâmetro como importante na escolha de um fornecedor. O alto desvio padrão parece revelar que mesmo esse critério não sendo decisivo para os varejistas, alguns consideram a proximidade como fator relevante ao escolher um fornecedor. Conforme o reporte de um pequeno varejista: "Não importa onde o meu fornecedor esteja, desde que ele cumpra com o que foi combinado e não me deixe sem mercadoria", o que sugere que a proximidade pode ser um fator secundário desde que haja garantia de pleno atendimento.

A escolha dos fornecedores implica também na percepção que os clientes têm da loja, seja por meio da visualização dos produtos, seja pela sua qualidade ou pela constante falta de estoque (o que pode significar fornecedores descomprometidos com prazos de entrega).

Os produtos mais vendidos parecem ser de marcas conhecidas seguido por marcas econômicas (Figura 7), por isso a popularidade do produto e o preço são fatores importantes considerados pelos mercados ao escolher um fornecedor.

Figura 7 - Produtos preferidos pelos clientes.



4.3 Implicações logísticas das relações entre varejistas e consumidores

O COVID-19 provocou mudanças nas relações de compra e venda entre varejistas e consumidores, que passaram a fazer uma parte de suas compras *online*. Segundo a pesquisa Opinion Box (2020), 49% dos respondentes pretendem continuar comprando por entregas diretas. Uma pesquisa divulgada por Sant'Ana L. (2020) mostra que 40% dos entrevistados pretendem continuar a comprar alimentos por meio de aplicativos de entrega ao final da pandemia. O presente estudo mostra um dado semelhante, com 43,80% dos entrevistados com pretensão de manter essa prática, configurando uma nova tendência de hábitos de compra.

É visto ainda que em tempos de pandemia, os consumidores passaram a consumir mais e em maior frequência, o que leva a necessidade de utilização mais frequente de veículos de menor porte, pela facilidade de acesso (Marcucci et al., 2021). Tal mudança, assim como a compra por meio de aplicativos de entrega, contribui para que o tráfego de veículos aumente, seja pelo maior uso de veículos de grande porte (fornecedores) ou pelo uso de veículos pessoais como bicicletas e motocicletas (entregadores), que são mais sustentáveis (Oliveira et al., 2017). Rodrigue et al. (2013) destacam que o aumento de veículos de carga nos centros urbanos contribui para o aumento do congestionamento e da demanda por vagas para carga e descarga, ou seja, problemas já enfrentados nas regiões pesquisadas, e que, como mostra a pesquisa, há tendências de agravamento do déficit em infraestrutura pública. No entanto, é necessário que o desenvolvimento de planos logísticos por meio de autoridades competentes considere as entregas no último quilômetro e as particularidades de cada região, além de ter em conta o aumento no fluxo de veículos de grande porte, além de motocicletas e bicicletas.

Esta pesquisa também traz foco à necessidade de intervenção pública com foco na promoção de infraestrutura básica em regiões mais carentes das cidades, como melhoria na iluminação pública, segurança e infraestrutura viária. Investimentos em infraestrutura podem fazer com que o comércio se desenvolva nessas regiões, o que pode promover a geração de emprego e renda para a população local, com planos que levem em consideração as realidades enfrentadas por essas comunidades. Investimentos públicos são desigualmente distribuídos nas cidades e, em relação a investimentos em soluções de mobilidade orientadas à movimentação de mercadorias, segundo Dias et al. (2018), as cidades brasileiras

não têm sido eficientes. Segundo os autores citados, historicamente, as políticas públicas para o transporte de carga não têm sido prioridade para o setor público. Entretanto, delegar ao setor privado a responsabilidade pela infraestrutura pública para a distribuição urbana de mercadorias não tem se mostrado uma abordagem efetiva (Wolpert & Reuter, 2012), sugerindo a necessidade de investigações mais aprofundadas das relações entre a oferta de infraestrutura adequada e a dinâmica econômica de áreas urbanas.

Usualmente, redes varejistas apresentam economia de escala na aquisição e revenda de produtos para os consumidores finais. Entretanto, em um contexto disruptivo e alterado pelo distanciamento social necessário à contenção do vírus Sars-CoV-2, esses consumidores passaram a perceber os comerciantes locais como aqueles fornecedores de produtos essenciais, com maior nível de serviço e confiabilidade. Além disso, a proximidade passou a ser um atributo muito importante nas decisões de consumo das famílias brasileiras. Nesse contexto, identificam-se também tendências de que a população opte por comprar cada vez mais em estabelecimentos de bairro, assim como indica a pesquisa da Opinon Box (2020) que afirma que 53% dos respondentes pretendem continuar comprando de pequenos varejistas do bairro. Esta proporção é corroborada por esta pesquisa, em que 69,42% dos respondentes apontam apoiar campanhas que incentivem a compra em pequenos comércios em detrimento das grandes redes varejistas.

Os resultados obtidos com os questionários mostram que os varejistas das regiões BOP estão localizados em locais com trânsito intenso, pouca infraestrutura e segurança, além de não ter vagas de carga e descarga, o que contribui para piorar as condições do tráfego. Investimentos em infraestrutura viária, como locais de carga e descarga, rampas de acesso e áreas de estacionamento para veículos de carga (de Oliveira et al., 2021) permitirão melhor acessibilidade aos entregadores e poderá reduzir níveis precários de segurança percebida e tráfego intenso. É bom lembrar que a maioria das entregas de fornecedores são feitas por veículos de grande porte e no período da manhã (período de maior tráfego), o que contribui para a deterioração da infraestrutura local. Logo, um planejamento da estrutura local viária se faz necessário.

A pesquisa revela ainda que os comerciantes preferem comprar produtos de marcas tradicionais, o que também é um critério forte na escolha de fornecedores (popularidade do produto). Como forma de ter maior eficiência no tráfego local por veículos de grande porte, a preferência por estes produtos faz com que um mesmo fornecedor atenda a mais de um comércio da região, permitindo que, em uma mesma viagem, vários lojistas possam ser atendidos. Essa prática vai de encontro ao conceito de mobilidade compartilhada para movimentação de mercadorias em áreas urbanas, o que tem se consolidado como uma solução de logística urbana que pode melhorar a eficiência das operações de transporte no último quilômetro, além de reduzir custos, tempo e emissão de gases de efeito estufa (Jaller et al., 2020).

Com o aumento da frequência de compras por produtos essenciais nos varejistas locais, em tempos de pandemia, aumentou também a frequência de pedidos de abastecimento feito pelos lojistas, além de resultar no aumento do tamanho dos pedidos. Tudo isso demanda uma reorganização das restritas áreas para armazenagem de produtos nos pontos de venda. Por meio da análise de *cluster* foi possível ainda identificar que mulheres da geração X são mais propensas a aderir a medidas restritivas, que implicam em mudança de comportamento em relação ao hábito de consumo. Assim, entende-se que campanhas visando à redução de deslocamentos para compras dedicadas a esse público tendem a ser mais efetivas. Adicionalmente, esse público é também

mais propenso a realizar compras por aplicativo, um hábito que se consolidou durante a pandemia e que poderá se manter no futuro, tornando relevantes as pesquisas que avaliam incrementos da circulação de motocicletas e bicicletas para entregas domiciliares.

Portanto, a logística urbana, relacionando demanda e oferta na circulação urbana de mercadorias, é o elemento que relaciona as duas dimensões investigadas por meio dos dados primários.

5. CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa é caracterizar o comportamento do consumidor (antes e durante a pandemia) e a percepção que o lojista tem a respeito das compras de suprimentos básicos, durante a pandemia do COVID-19, assim como relacionar os comportamentos e percepções dos agentes com os desafios da logística urbana. A pesquisa revelou que os consumidores consomem mais e com maior frequência durante o período de pandemia nos varejos mais próximos de suas casas. Por outro lado, estes varejos estão localizados em locais com trânsito intenso, com falta de infraestrutura urbana e com controle do tráfego local precário (faltam áreas de carga e descarga, faltam áreas de estacionamento, a sinalização é deficiente, as ruas e calçadas são precárias, e não há janelas de tempo para entrega). Certamente, esses são fatores que dificultam a gestão da logística urbana.

De certa forma, esta pesquisa joga luz na necessidade de melhoria de aspectos básicos do abastecimento, por meio de varejistas locais, de regiões BOP. A melhoria da logística urbana poderia trazer maior acessibilidade aos comércios, aumentar a empregabilidade local e promover, consequentemente, um aumento da qualidade de vida nessas comunidades.

Diante desses fatos, torna-se necessário que governo, comerciantes e fornecedores trabalhem de maneira colaborativa na promoção de soluções que promovam sustentabilidade dos negócios e das regiões (Oliveira et al., 2019). Como exemplo, o poder público poderia estimular os varejistas a ampliarem seus pontos de venda por meio de fornecimento de crédito. O poder público também poderia subsidiar a implantação e o gerenciamento de Centros de Distribuição Urbana (CDUs) de carga e financiar os fornecedores a distribuírem seus produtos de forma mais eficiente e menos onerosa.

Para a gestão da logística urbana essas duas implicações podem ser fundamentais para a melhoria do fluxo logístico. É fato que a infraestrutura exerce um papel fundamental na efetividade das soluções de logística urbana. No contexto atual, em que as entregas aumentaram substancialmente devido ao período de pandemia, torna-se relevante a colaboração entre diferentes atores responsáveis pelas entregas urbanas. Neste sentido, o uso de CDUs pode ser interessante para reduzir custos e emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de reduzir a quantidade veículos. km (Fioravanti e Lima Junior, 2019). Essa poderia ser uma proposta alternativa para o presente cenário, já que produtos de diferentes fabricantes são destinados a um mesmo varejista e podem ser entregues em colaboração, promovendo eficiência em relação à ocupação dos veículos de carga no abastecimento dos pontos de venda.

Esta pesquisa apontou que nas regiões BOP, 79,25% dos produtos consumidos são de marcas tradicionais, destacando a possibilidade de colaboração. Entretanto, esse abastecimento é, de maneira predominante, realizado por diversos fornecedores.

Além da perspectiva mais centralizada da instalação de CDUs, diferentes sugestões de soluções para a logística urbana foram feitas por Oliveira et al., (2018b). Especificamente para esta pesquisa, investimentos em soluções de consolidação de carga urbana, que visam à movimentação de produtos para localidades próximas ao local de entrega, parecem indicar bons resultados. Ou seja, poderiam ser adotados os chamados *microhubs*, um caso especial de CDU de menor porte. No contexto das regiões BOP, os *microhubs* podem ser uma solução viável e assertiva, promovendo a mudança na entrega final (*last-mile*) por meio da distribuição por modos ativos, como entregadores a pé e *cargobikes* (Oliveira, 2017). Ainda, segundo Marcucci et al., 2017, *crowdshiping*, que se refere à entrega sendo realizada por meio da utilização de recursos já existentes, com o aproveitamento de capacidade veicular excedente e da mão-de-obra de pessoas comuns em deslocamento, pode ser outra alternativa para comunidades BOP no abastecimento dessas comunidades.

Outra alternativa refere-se à necessidade de colaboração dos varejistas entre si, de forma a promover a coordenação da entrega na última milha (Wang et al. (2016). Com a colaboração entre os varejistas, poderá haver maior eficiência na entrega domiciliar de produtos essenciais, além de possibilitar maior competividade aos varejistas e confiabilidade no abastecimento do mercado consumidor.

Como limitações do presente trabalho, tem-se a dificuldade na determinação da quantidade real de varejistas presentes nos bairros, devido essencialmente à informalidade desse tipo de atividade; dessa forma a representatividade dos varejistas entrevistados torna-se uma limitação para o presente estudo. Outra limitação é o número limitado de consumidores que responderam ao questionário *online*. O número de respostas comprometeu o agrupamento dos respondentes em categorias demográficas para a análise de *cluster*, comprometendo as análises de sensibilidade dos resultados obtidos. Ainda, a coleta de dados *online* junto aos consumidores pressupõe que eles tenham acesso à internet. Esse tipo de viés pode ter excluído outros respondentes com determinadas características. Isso impede que os resultados sejam extrapolados para além do perfil da população (com acesso à internet) em estudo.

Para futuros trabalhos, sugere-se: (a) explorar a literatura apresentada neste trabalho em novas investigações; (b) avaliar as potencialidades e dificuldades da formação de uma organização entre pequenos varejistas para consolidação de pedidos a fornecedores, (c) avaliar a necessidade e viabilidade de implantação de *microhubs* em regiões *BOP*, (d) conduzir a pesquisa em outras áreas da cidade, de forma a comparar os resultados obtidos neste estudo com regiões *Top of Pyramid*, outras regiões BOP da RMSP, e outras regiões metropolitanas brasileiras, permitindo explorar a qualidade percebida dos consumidores e varejistas em relação à infraestrutura em cada região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aljohani, K., Russell, G. T. (2016) “Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: Taxonomy and review of literature”. *Journal of Transport Geography*, v. 57: 255 –63. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.009.

Beninger, S., & Robson, K. (2015) Marketing at the base of the pyramid: Perspectives for practitioners and academics. *Business Horizons*, v. 58 n. 5, p. 509– 516. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.05.004

Boulaksil, Y., Belkora, M. J. (2017) Distribution strategies toward nanostores in emerging markets: The Valencia case. *Journal on applied analytics*. v. 47 n 6, p. 505– 517. https://doi.org/10.1287/inte.2017.0914

D’Andrea, G., Lopez-Aleman, B., & Stengel, A. (2006). Why small retailers endure in Latin America. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 34(9), 661–673. https://doi.org/10.1108/09590550610683184

Dias, J. M. Sobanski G. B. da Silva, J. E. A. R. de Oliveira L. K. Vieira, J. G. V. (2018). Are Brazilian cities ready to develop an efficient urban freight mobility plan? urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (*Brazilian Journal of Urban Management*), 10(3), 587-599. http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.010.003.ao07

Dias, J. M. ;Vieira, J. G. V.; Silva, J. E. A. R.; Oliveira, L. K.. Os PlanMobs têm contemplado o transporte urbano de carga?. TRANSPORTES (RIO DE JANEIRO), v. 28, p. 103-120, 2020.

Fransoo, J. C., Blanco, E. E., & Argueta, C. M. (2017). Reaching 50 million nanostores: retail distribution in emerging megacities. Create Space Independent Publishing Platform.

Freitas, C. A. D. O. (2020). Transformações na produção da periferia: o caso de Itaquera e o Conjunto Habitacional José Bonifácio. revista brasileira de estudos urbanos e regionais, v.. 22., p. 1-26. , e20208.

da Gama Torres, H., Marques, E., Ferreira, M. P., Bitar, S. (2005) Pobreza e espaço: padrões de segregação em São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 17, n.47, p. 97–128. https://doi.org/10.1590/s0103-40142003000100006

De Oliveira, I. F. B. (2020). O avanço da produção imobiliária sobre a “periferia” da metrópole: o “segmento econômico” e as transformações na produção do espaço em Itaquera, São Paulo. Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

De Oliveira, L. K., França, J. G. D. C. B., Nascimento, C. D. O. L., Meira, L. H., & Rabay, L. (2021). Evaluating problems and measures for a sustainable urban freight transport in Brazilian historical cities. Sustainable Cities and Society, v. 26, 102806.

Dias, P. A. P., Yoshizaki, H., Favero, P., & Vieira, J. G. V. (2019). Daytime or overnight deliveries? Perceptions of drivers and retailers in São Paulo City. Sustainability, v. 11(22), p. 1–16.

Fioravanti, R. D., & Lima Junior, O. F. (2019). Modelo para análise ex ante de políticas de logística urbana baseadas em centros de distribuição urbanos: uma abordagem utilizando dinâmica de sistemas. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, 22p. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.ao03

Glass, A (2007). Understanding generational differences for competitive success. *Industrial and commercial training.*. vol. 39 N. 2, pp. 98-103. doi: 10.1108/00197850710732424

Hair Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2009). Análise multivariada de dados. Porto Alegre: Bookman

Hart. S. L. (2008). The fortune at the bottom of the pyramid. Estratégia e Negócios, Florianópolis, v. 1, n. 2. http://dx.doi.org/10.19177/reen.v1e220081-23

Holguín-Veras, J., Polimeni, J., Cruz, B., Xu, N., List, G., Nordstrom, J., Haddock, J. (2005). Off-Peak Freight Deliveries: Challenges and Stakeholders Perceptions. *Transportation Research Record*, v. 212, p. 42–48. https://doi.org/10.1177/0361198105190600105

Jaiswal, A. K., & Gupta, S. (2015). The influence of marketing on consumption behavior at the bottom of the pyramid. *Journal of Consumer Marketing*, 32(2), 113-124. https://doi.org/10.1108/JCM-05-2014-0996

Jaller, M., Otero-Palencia, C., Pahwa, A. (2020) Automation, electrification, and shared mobility in urban freight: opportunities and challenges. *Transportation Research Procedia*, 46, 13–20. 10.1016/j.trpro.2020.03.158

Karnani, A. (2009) Romanticising the poor harms the poor. *Journal of International Development*, p. 541–555. https://doi.org/10.1002/jid.1491

Kumar, M., Noble, C. H. (2016). Beyond form and function: Why do consumers value product design? *Journal of Business Research*, 69, p. 613–620. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.05.017

Marcucci, E., Le Pira, Carrocci, C. S., Gatta, V. and Pieralice, E. (2017) "Connected shared mobility for passengers and freight: Investigating the potential of crowdshipping in urban areas," 2017 *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, Naples, Italy, pp. 839-843.

Marcucci, E., Gatta, V., & POLIS, G. L. (2021) City Logistics landscape in the era of on-demand economy. Main challenges, trends and factors influencing city logistics Lead Project – Lead Project (Accessed March, 2021)

Navarro, H. A. R. (2020). Urban logistics in Sao Paulo city: a comparison between Top of the Pyramid and Base of the Pyramid regions. P. 1-140. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. CCGT - Universidade Federal de São Carlos.

Neghabadi, P. D., Evrard, S., Espinouse, M. (2016) City logistics: a review and research framework. RIRL 2016 EPFL, Lausanne, Switzerland. ffhal-01420815f

Observatório Humano Global. (2003). Slums of the world: the face of urban poverty in the new millennium? (UN-habitat.).

Oliveira, L. K., Matos, B. A., Dablanc, L., Ribeiro, K., Isa, S. S. (2018a) Distribuição urbana de mercadorias e planos de mobilidade de carga: Oportunidades para municípios brasileiros. Brasília: Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Oliveira, C., Albergaria, M. B. R., Vasconcelos, G. G., Schmitz, G. D.; D'agosto, M. (2017). Sustainable Vehicles-Based Alternatives in Last Mile Distribution of Urban Freight Transport: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, v. 9, p. 1324.

Oliveira, L.K.; Barraza, B.; Bertoncini, B.V.; Isler, C.A.; Pires, D.R.; Madalon, E.C.; Lima, J.; Vieira, J.G.V.; Meira, L.H.; Bracarense, L.S.F.P. (2018b). An overview of problems and solutions for urban freight transport in Brazilian cities. *Sustainability*, 10, 1233.

Oliveira, L. K., Leite Nascimento, C. D. O., de Sousa, P. R., de Resende, P. T. V., & Ferreira da Silva, F. G. (2019). Transport service provider perception of barriers and urban freight policies in Brazil. *Sustainability*, 11(24), 6890.

Opinion Box. (2020) Impactos nos hábitos de compra e consumo: como a pandemia mundial está transformando os comportamentos de compras do consumidor brasileiro. Recuperado em 26 de maio de 2020, de https://materiais.opinionbox.com/thankyou-pesquisa-coronavirus?utm_campaign=resposta_automatica_da_landing_page_pesquisa_covid-19&utm_medium=email&utm_source=RD+Station

Prefeitura municipal de São Paulo (2017). Informes Urbanos A dinâmica do IDH-M e suas dimensões entre 2000 e 2010 no município de São Paulo. p. 1–8.

Prahalad, C. K. (2005). The fortune at the bottom of pyramid (1431). Wharton School Publishing ln, H. (2015) Access restrictions and local authorities' city logistics regulation in urban area. City logistics mapping the future, p. 177-199. doi: 10.1201/b17715-13.

Prefeitura de São Paulo. (2017). A dinâmica do IDH-M e suas dimensões entre 2000 e 2010 no município de São Paulo. Recuperado em 15 de agosto de 2021, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Informes_Urbanos/29_Dimensoes_IDH-M.pdf

Quak, H. (2015) Access restrictions and local authorities' city logistics regulation in urban area. City logistics mapping the future, p. 177-199. doi: 10.1201/b17715-13

Rede Nossa São Paulo. (2010). Mapa da desigualdade 2020. Recuperado em 15 de agosto de 2021, de

https://www.nossasaopaulo.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Mapa-da-Desigualdade-2020-TABELAS-1.pdf

Rodrigue, J., Comtois, C., & Slack, B. (2013). The geography of transport systems (3a ed.). Londres: Routledge. http://dx.doi.org/10.4324/9780203371183.

Roger, E. A., & Klevorick, A. K. . (1971). Food Prices in Relation to Income Levels in New York City. *The Journal of Business*, 44(4), 380–397.

Sant'Ana, L. (2020). 10 anos em 6 meses. Consumidor moderno. p 52 – 56. Recuperado em 28 de novembro de 2020 de https://online.fliphtml5.com/ubti/wpdc/#p=54

São Paulo. (2018). Geoprocessamento e informações socioambientais. Escolaridade e renda: dados demográficos. Recuperado em 17 de maio de 2020, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/epidemiologia_e_informacao/geoprocessamento_e_informacoes_socioambientais/. Acesso em jun. 2020.

São Paulo. (2020). Prefeitura Municipal. Subprefeitura Itaquera. Dados demográficos dos distritos pertencentes às Subprefeituras. Recuperado em 02 de junho de 2020, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: jun. 2020.

Talukdar, D. (2008). Cost of Being Poor: Retail Price and Consumer Price Search Differences across Inner-City and Suburban Neighborhoods. *Journal of Consumer Research*, 35(3), 457–471. https://doi.org/10.1086/589563

Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T. (2014). Recent trends and innovations in modelling city logistics. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 125, 4-14.

Vasconcelos, D. B. A. (2019) Copa do Mundo de 2014 na cidade de São Paulo: as transformações na estrutura urbana de Itaquera. P. 1-169. FFLCH/USP. DOI: 10.11606/9788575063576

Vieira, J.; Fransoo, J. (2015). How logistics performance of freight operators is affected by urban freight distribution issues. Transport Policy, v. 44, p. 37–47. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.06.007

Vieira, J. G. V.; Fransoo, J. C.; Carvalho, C. D. (2015). Freight distribution in megacities: Perspectives of shippers, logistics service providers and carriers. Journal of Tr9ansport Geography, v. 46, p. 46–54. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.05.007

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F., & Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 279– 293. https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.002

Wolpert, S., & Reuter, C. (2012). Status quo of city logistics in scientific literature: a systematic literature review. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2269(1), 110-116. http://dx.doi.org/10.3141/2269-13.

ARTICLE 4



IMPACTS OF COVID-19 ON BASIC GOODS CONSUMPTION AND THEIR IMPLICATIONS FOR URBAN LOGISTICS MANAGEMENT

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Yasmin Fidelix
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

José Geraldo Vidal Vieira
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

Ricardo Coser Mergulhão
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

João Eduardo A. R.
UFSCAR - Departamento de Engenharia de Produção - DEP-So

ARTICLE 4

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é caracterizar o comportamento do consumidor quanto às compras de suprimentos básicos antes e durante o COVID-19, e a percepção do lojista antes da pandemia, assim como relacionar os comportamentos e percepções dos agentes com os desafios da logística urbana de abastecimento do mercado. Foram aplicados dois questionários em regiões classificadas como BOP (*Base of Pyramid*) e feitas análises descritivas e multivariadas por meio da análise de *cluster*. A pesquisa mostra que há um aumento na frequência de compra dos consumidores no período de pandemia, o que aumenta também a demanda dos lojistas e as necessidades logísticas das regiões, que se apresentam debilitadas principalmente pela falta de vagas para carga e descarga e infraestrutura viária. Os resultados mostram que houve um aumento de compras por aplicativos de entrega durante a pandemia, o que parece ser uma tendência e deverá exigir uma melhor infraestrutura viária nas regiões, tanto para veículos de grande porte (usados por fornecedores) como de veículos leves (usados por entregadores).

Palavras-chave: COVID-19, logística urbana, pequenos varejistas

ABSTRACT

This research aims to characterize consumer behavior when purchasing essential goods before and during the pandemic caused by the COVID-19, and retailers' perception during this pandemic period, as well as to relate the impact of such changes in urban supply logistics. Two questionnaires were applied in regions classified as BOP (Base of Pyramid) and descriptive and multivariate analysis were performed using cluster analysis. The research shows that there is an increase in the consumer's purchase frequency, which also increases the demand from retailers and the logistic needs of the regions evaluated, weakened mainly by the lack of infrastructure and spaces for loading and unloading. The results show that there was an increase in purchases acquired by delivery applications during the pandemics, which seems to be a trend, which may require from these regions a better road infrastructure for large (used by suppliers) and individual vehicles (used by deliverers).

Keywords: COVID-19, urban logistic, small retailers

1. INTRODUCTION

According to the survey entitled Impact on Purchasing and Consumption Habits - How the Global Pandemic is Transforming the Behaviour of the Brazilian Consumer (Opinion Box, 2020), 49% of people reported increased food spending, and higher consumption of personal grooming and home cleaning products, fruit, vegetables, ready-to-eat meals, and frozen foods. This survey also reports more purchases of these products either online or with direct deliveries to consumers.

In low-income regions, this perceived increase may account for a significant portion of consumer incomes, as price (Jaisawl & Gupta, 2015) and established brands (Kumar et al. 2016) are determining factors for purchases. Generally with low incomes, these consumers are classified as Base of Pyramid (BOP) by Prahalad (2005): a group of people with common social characteristics living in communities located in outlying areas and with specific standards. With poor urban infrastructure, these regions offer few public utility services (da Gama Torres et al., 2005), such as police presence and adequate street lighting around commercial establishments.

This lack of infrastructure is a factor that hinders accessibility to shops, with negative impacts on urban logistics (Oliveira et al.,2018a), as limited access to certain areas (narrow streets, absence of road infrastructure for loading and unloading) increases delivery times and carrier costs (Quak, 2015), in parallel to limited regulation of cargo vehicles, such as specific loading and unloading areas.

The reason for this study is rooted in an awareness of the difficulties of delivering and receiving consumer goods in poorer areas of the city of São Paulo. Furthermore, a better understanding of the behaviours of consumers and small retailers before and during the SARS-CoV-2 pandemic may indicate points for improvement in urban logistics that should be addressed by decision-makers, as the public health crisis has spurred demands and affected the ways in which goods are consumed.

The purpose of this survey is to relate behaviours and perceptions of consumption patterns among retailers (pre-pandemic) and consumers (before and after the pandemic) to the urban logistics challenges raised by supply flows of staples. For this purpose, two primary data collection activities were undertaken – one with retailers and the other with consumers – which included information on purchases of supplies, urban logistics challenges faced, and access to essential products. As a contribution, we highlight the social and economic impacts caused by logistics in local BOP communities, as well as the possible effects of changes in purchasing behaviours on local supplies. This survey may also help public administrators draw up urban logistics plans that enhance the efficiency of last-mile deliveries, while streamlining urban traffic in general.

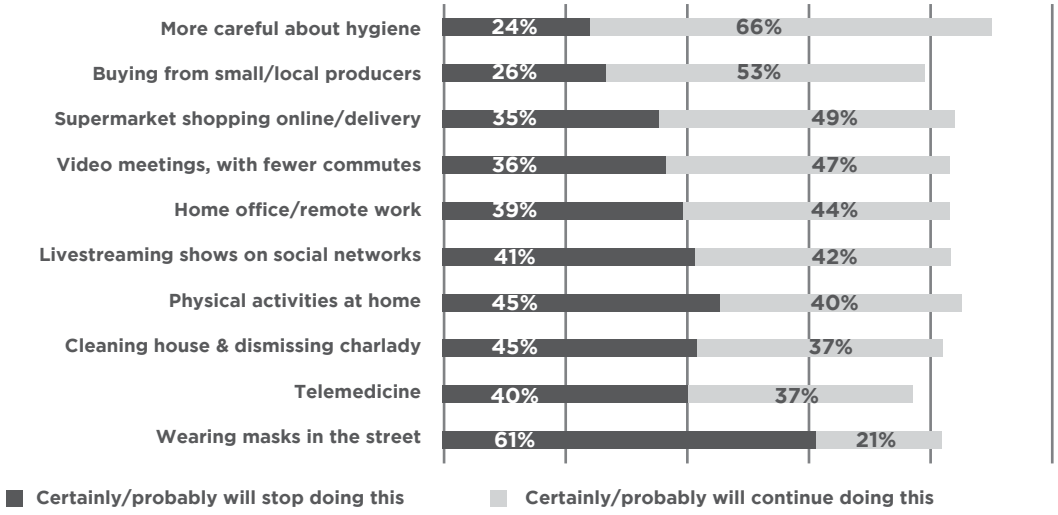
2. SMALL RETAIL CONSUMERS AND LOGISTICS IN BOP REGIONS

The term Base of Pyramid (BOP) (Prahalad, 2005) was first used to define a large group with local market potential, located at the base of the societal pyramid. Due to its representativity, companies that invest in marketing to BOP customers may discover growth opportunities (Prahalad, 2005), as this population has an aggregate purchasing power of US$ 5 trillion worldwide. Prahalad (2005) also describes these consumers as “resilient and creative entrepreneurs, and valuable consumers”, with high aggregate purchasing potential. Exploring this market brings mutual benefits for companies and communities, especially in developing countries (Hart, 2008, p. 3).

The BOP population encompasses people with different social standards, languages, ethnicities, cultural clothing, and geographical regions (Beninger & Robson, 2015). Karnani (2009) states that there are few legal and social regulations establishing mechanisms for protecting these lower-income consumers, in addition to overestimating microcredit and not creating job opportunities. More importantly, this concept shrugs off State responsibilities for mitigating poverty and ironing out social inequalities, while ensuring safety and traffic regulations for local trade. BOP consumers are known for buying from small shops and markets near their homes, even if they have to pay more for lower quality goods (Roger & Klevorick, 1971) (Jaiswal and Gupta 2015). Generally, these consumers buy small quantities each time, but more frequently (Talukdar, 2008). However, these small shops and markets account for large shares of company revenues. For example, about 50% of the revenue of a multinational, such as Unilever comes from emerging markets where small retail is the main distribution channel (Boulaksil and Belkora, 2017).

The Opinion Box (2020) survey also describes the pandemic buying habits of BOP consumers. The trend is for these consumers to continue their shopping habits of buying products from small local retailers (53%), as well as shopping online (49%) (Figure 1). Regarding supermarket shopping, 44% of the respondents visit this type of establishment less frequently, while 34% have shortened their shopping times, and 26% are buying more items each time. In addition, 21% have switched the times they usually shop; 18% have changed the places where they shop; and 17% have altered the day of the week they usually shop (Opinion Box, 2020).

Figure 1 – New habits/behaviours expected after COVID-19



Source: Opinion Box (2020)

Demand behaviours have also influenced the ways in which cities are supplied. In addition to shifting consumption patterns, traditional retail outlets have been impacted by the upsurge in e-retailing (driven by social distancing requirements) and consumer decisions to shop locally. These changes intervene in the urban supply challenges already in place that are faced by wholesalers, retailers, and consumers.

Widely explored by researchers and public administrators in different dimensions, these challenges underpin decisions on urban logistics. Ranked among the more significant branches of supply chain management, urban logistics encompass activities related to deliveries and collections of goods in cities (Aljohani and Russell, 2016). A key factor for the competitive edge of large cities, while making distribution activities more environmentally friendly (Neghabadi, Samuel, and Espinouse, 2016), Efficient urban logistics create more productive and attractive urban areas (Taniguchi et al., 2014).

It is a fact that the small retail sector has become more fragmented during the past few years (Fransoo, Blanco, and Argueta, 2017), leading to an increase in smaller freight vehicles on the road, with more frequent deliveries (Marcucci et al., 2021). This is because larger vehicles are subject to more constraints, including timeframes, tare weight and size, and lorry-free traffic zones (Dias et al., 2018; Dias et al., 2020). In general, small retailers lack the infrastructure needed for receiving goods, particularly loading and unloading areas, access ramps, and parking facilities for cargo vehicles (de Oliveira et al., 2021). Moreover, limited scheduling cooperation between carriers and retailers, with greater delivery time flexibility, are also stepping up the complexity of deliveries in specific urban areas (Vieira, Fransoo, and Carvalho, 2015).

On the one hand, deliveries in BOP regions are challenging for freight operators (Vieira, Fransoo, and Carvalho, 2015), due to poor urban infrastructure and public utility services (da Gama Torres et al., 2005), including less police presence (Navarro, 2020); poor lighting at delivery locations (Dias et al., 2019); narrow streets (Vieira and Fransoo, 2015); and cargo theft (Oliveira et al., 2019). According to Fransoo, Blanco, and Argueta (2017),

there are high probabilities that deliveries in these areas will be disrupted by security issues.

Constraints imposed by urban regulations also make it harder to access these areas, which include not appearing on official maps or being hidden by the authorities (Global Human Observatory, 2003). On the other hand, surveys show that BOP consumers are more loyal and maintain closer relationships with small retailers (D'Andrea, Lopez-Aleman, & Stengel, 2006; Fransoo, Blanco, & Argueta, 2017).

3. METHODOLOGICAL APPROACH

A qualitative and quantitative survey collected data from merchants and consumers in the Itaquera and Vila Ré districts. These two areas are endowed with massive market potential (Freitas, 2020), especially with strong property market growth in nearby outlying areas from 2017 onwards (De Oliveira, 2020). However, these areas also have sprawling favela slums (Rede Nossa São Paulo, 2019) and recurrent outbreaks of violence triggered by territorial battles among drug dealers (Vasconcelos, 2019). They also lack sanitation and energy infrastructure, cultural facilities (Vasconcelos, 2019), cargo transport (with few loading/unloading areas, heavily (and often congested) traffic, and uneven pavements with unsafe loading/unloading conditions (Navarro, 2020). These regions can thus be classified as BOP, according to the characteristics established by Prahlad (2005). Both these areas also serve as examples for other parts of São Paulo, as they are home to consumers with similar incomes, retailers with parallel size and merchandise mix characteristics, and similar Human Development Index ratings (HDI). According to data released by City Hall, (2017), Itaquera and its surroundings rank 21st among the lowest HDI-M areas in São Paulo, with 96 districts. These neighbourhoods are also notorious for robberies and thefts, encouraged by very poor security and thus raising significant challenges for cargo carriers (Rede Nossa São Paulo, 2019).

Two questionnaires were used to explore retailer and consumer perceptions of their purchases and behaviours before and during the COVID-19 pandemic. One questionnaire gathered information on retail outlet locations, buying habits, vendor preferences, delivery characteristics, and customer purchasing methods. These elements were explored with retailers before the COVID-19 pandemic. The other questionnaire/to identify pandemic-prompted changes in consumer buying behaviours in these areas for non-durable consumer goods, from the consumer standpoint, in addition to exploring pre-pandemic behaviours. Table 1 summarises the information in each questionnaire.

Table 1 – Summary of Information x Questionnaire			
Questionnaire 1 – Small Retailers (pre-pandemic)			
Section 1 Questions about the neighbourhood	Section 2 Questions about vendors, purchase and delivery methods	Section 3 Questions about customers	Section 4 Questions about the establishment
Questionnaire 2 – Consumers (during the pandemic, but with Questions about pre-pandemic behaviour)			
Section 1 Questions about regular purchases of staples	Section 2 Questions about purchasing staples during the COVID-19 pandemic	Section 3 Demographic questions	

3.1 Population, sample, and data collection

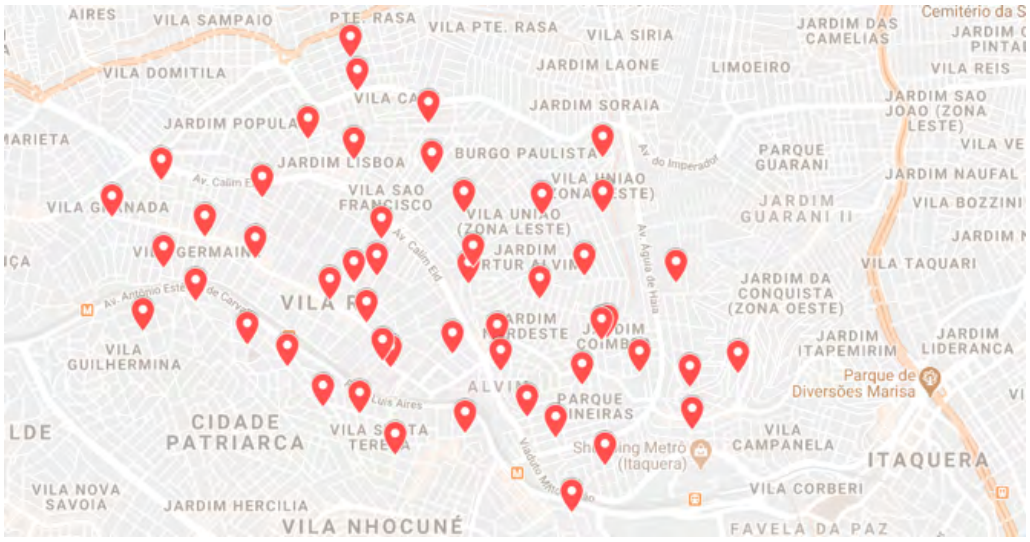
The retailer population encompasses 54 registered establishments in operation, registered with the São Paulo State Board of Trade. The unregistered establishments operate informally, with no defined population size and identified only by a spatial sampling conducted on-site.

Including registered and unregistered establishments, 53 spatially distributed responses were obtained (Figure 2). This questionnaire was completed during in-person interviews with retailers between July 2019 and January 2020.

Table 2 presents a comparison of the demographic characteristics of the two districts.

Tabela 2 - Características por distrito			
	Itaquera	**Penha**	**Fonte**
Population	204,871	127,820	São Paulo (2020)
Area (km)	14.4	11.30	São Paulo (2020)
Mean monthly nominal income	BRL 1,191.38	BRL 1,679.35	São Paulo (2018)
Formal job availability rate x 10 inhabitants of economically active age	1.32	2.63	Rede Nossa São Paulo (2020)
Proportion of households in favela slums x total number of households	6.2	6.2	Rede Nossa São Paulo (2020)

Figure 2 – Places where replies were obtained



Based on the information in Table 2, with a 95% confidence level and a 10% margin of error, the minimum sample would be 97 respondents. In fact, a total of 121 responses were collected through an online questionnaire.

The consumer questionnaire was completed through an online form, sent through social media to residents of the neighbourhoods in question.

Some assumptions were deployed for assessing the quality of the responses, resulting in a small but still statistically relevant sample:

- Standard deviation values of < 0.5 for responses in the same questionnaire were discarded, as this indicated a lack of commitment for the respondent;
- The Mahalanobis test was used to identify outliers in the group of responses; in this case, if prob_mah < 0.1 the questionnaire was discarded.

3.2 Data analysis

Descriptive and multivariate analyses were performed on the responses obtained through the questionnaires. Respondent perception levels were assessed by using a scale of 0 to 10 for some questions, with 0 indicating a negative perception of the topic and 10 being the most positive score. A Likert scale was also used to measure respondent agreement with a set of topics, in addition to qualitative perceptions that obtained through on-site interviews. The software used was Excel 365, MiniTab version 14.12.0, and IBM SPSS version 1.0.0.140.

For the consumer data, frequency analysis and cluster analysis were used to define groups disclosing similar and distinct behaviours in their shopping habits. Specific items in the questionnaire were designed to provide demographic definitions of the sample, with certain questions establishing the clusters. In order to enhance the findings of the analysis, categories were grouped so that the number of responses obtained through the questionnaire was sufficient for analysis. The demographic data are presented in Table 3.

Table 3 – Demographic distribution of the sample[1]

Emprego	Renda	Gênero	Geração	Faixa de Idade
Employed	Dropped by up to 1/3	Female	Z	0 - 24
Not employed	Dropped by up to 2/3	Male	Millennials	25 – 39
Not defined	Dropped by up to 3/3		X	40 - 54
			Baby Boomer	55 – 79+

1 Note: Born during the baby boom that followed World War II, Baby Boomers (1941 – 1965) seek stability, not welcoming changes. Their offspring in Generation X (1966 – 1980) enjoy interacting with innovations, known for focusing on their careers. Coming of age in the new millennium, Millennials, or Generation Y (1981 – 1995) grew up with technology, but are deeply concerned about social and environmental causes. Digital natives, Generation Z (1996 – today) was socialised through technology, and is known for multitasking and demands for immediate satisfaction.

Table 4 shows the variables contributing to the formation of the clusters. The Ward method was used as the clustering algorithm as, according to Hair et al. (2009), this is the most efficient way of finding clusters that are similar in terms of frequency.

Table 4 presents the mean response obtained by each cluster for each variable under consideration. For a solution to be valid, the results obtained by the Hierarchical (H) and Non-Hierarchical (NH) methods are similar, indicating analysis stability. Another aspect of solution validation is cluster formation, following the same mean principle, but with the number of cases (N) in each cluster. A Percentage Deviation (PD) of the means obtained by each method was calculated, as well as the number of cases (N), in order to compare the solutions reached by the Hierarchical and Non-Hierarchical methods. The QQ column shows the number of the question used in the analysis (Questionnaire 2).

Table 4 – Description of Clusters and Validation of Solution

Cluster	QQ	Variable	MEAN			N (Nº Cases)		
			H	NH	PD (%)	H	NH	PD (%)
1	8	MAJOR_PURCHASE	0.96	0.58	65.52	14	18	-22
	5	CONSTRAINT	-1.62	-1.76	-7.95			
	10	BUYING_ONLINE	-0.77	-0.69	11.59			
2	8	MAJOR_PURCHASE	0.91	0.86	5.81	33	35	-6
	5	CONSTRAINT	0.63	0.63	0.00			
	10	BUYING_ONLINE	-0.26	-0.25	4.00			
3	8	MAJOR_PURCHASE	-0.97	-1.02	-4.90	49	40	23
	5	CONSTRAINT	0.16	0.35	-54.29			
	10	BUYING_ONLINE	-0.37	-0.47	-21.28			
4	8	MAJOR_PURCHASE	0.16	0.01	1,500	24	27	-11
	5	CONSTRAINT	-0.26	-0.16	62.50			
	10	BUYING_ONLINE	1.56	1.47	6.12			

The variables shown in Table 4 represent consumer attitudes or behaviours. Thus, the higher the mean attained in the analysis, the more sensitive the cluster for that item, indicating more participation in a specific category and a more positive buying attitude. In other words, certain groups of customers tend towards better buying behaviours during a pandemic, like opting for online purchases, for example.

The 'MAJOR_PURCHASE' variable assesses whether or not consumers have made major purchases during the pandemic. The 'CONSTRAINT' variable examines the possibility of holding back on purchases during the pandemic, following guidelines from government authorities and competent entities. The 'BUYING_ONLINE' variable explores Internet shopping habits during social isolation.

Although four variables showed relatively large percentage differences (in boldface) between the Hierarchical (H) and Non-Hierarchical (NH) analyses, the clusters remained close for other aspects, indicating solution stability, which was thus taken as valid, particularly as the Percentage Deviation was acceptable in 75% of the other comparisons, at under 23%.

Having noted that the four clusters are distinguished from each other by their

performances (MAJOR_PURCHASE, CONSTRAINT, and BUYING_ONLINE), these clusters were studied in greater detail, following the recommendations of Hair et al. (2009). To do so, the demographic variables (Generation, Income, Gender, and Decrease in Family Income) were analysed to see if the clusters were distinct, thus allowing the identification of demographic profiles with practical significance. In terms of demographic variables, the composition of each cluster is presented in Figure 3 (A, B, C, and D).

Figure 3A – Generation Composition

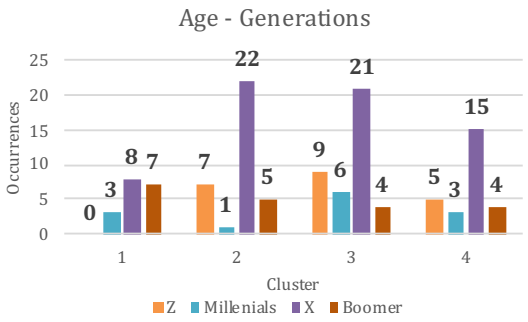


Figure 3B – Income Composition

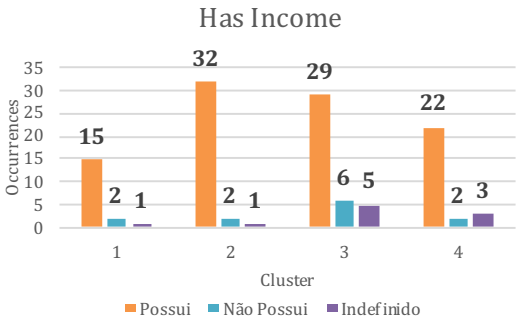


Figure 3C – Composition by gender

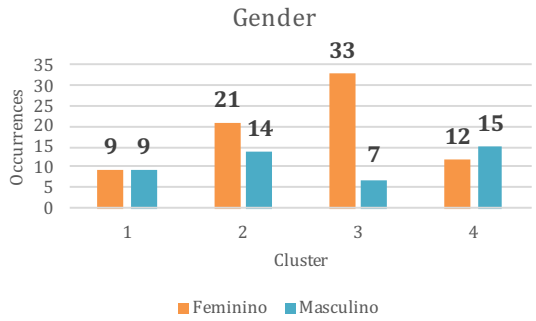
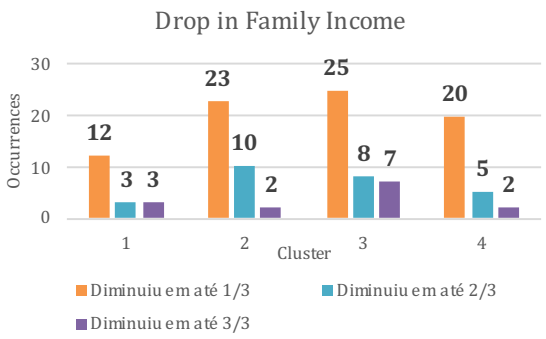


Figure 3D – Composition by variations in family incomes



Four clusters are shown for each Figure. Figure 3A presents the composition of each cluster by generation. Although Generation X is predominant in all of them, it is more concentrated in Clusters 2 and 3. Figure 3B shows that people with income predominate in all clusters, so no income-based differentiation was possible. The gender composition of the clusters is presented in Figure 3C; Clusters 2 and 3 consist mainly of people self-identifying as female; Cluster 1 does not differentiate for gender; and Cluster 4 consists largely of people who self-identify as male. In Figure 3D, all the clusters showed reductions in household incomes of up to a third; similar to Figure 3D, no income-based differentiation was possible.

The retailer data were measured by: mean, mode, first quartile (Q1), median (Md), third quartile (Q3) and interquartile (IQR) in order to assess the dispersion and key trends of the datasets. Furthermore, a variables correlation analysis was used for better data interpretation.

4. FINDINGS AND DISCUSSIONS

The presentation and analysis of the findings are divided into three categories: consumers, retailers, and the logistical implications of correlations between them. The analyses indicate the viewpoints and experiences of each group before and during the pandemic, together with their influences on various aspects.

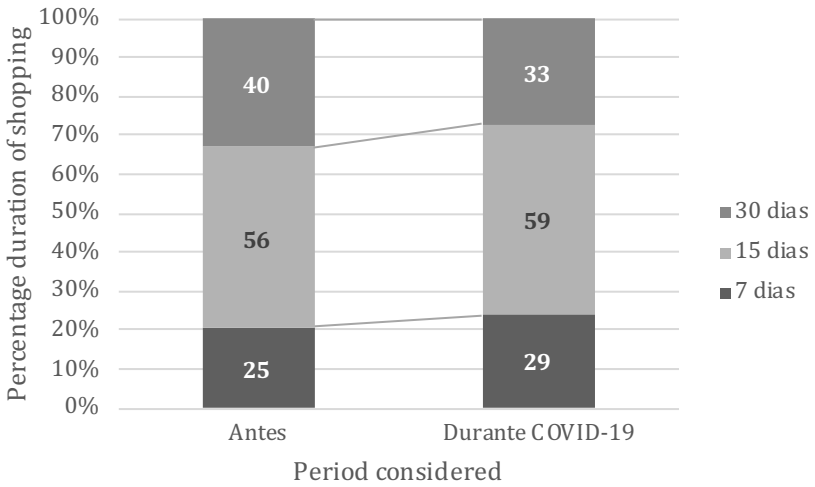
4.1 Consumers

Among the respondents, 55.3% were between 35 and 54 years old, with 62.81% female and 76.9% working. Their families consisted mainly of people between 13 and 64 years old. Only 39.67% of the respondents reported no negative impacts on family income resulting from the pandemic. Among those whose incomes were affected, 26.45% stated that these amounts fell by up to 30%.

For ordinary household purchases, consumers prefer hypermarkets (64.18%). However, neighbourhood markets appear as the second option with 31.34% of public preference. These purchases are intended for storage in the vast majority of cases, with a wide variety in the types of products that they include. Just over half (52.89%) of the respondents stated that the amounts of supplies purchased did not increase, but the reasons prompting them to make emergency purchases were: the need to buy staples (37.79%), concern for the family (25%), and social isolation steps introduced by the government (19.19%). Social isolation, local news, and local government recommendations steered purchase decisions.

Despite consumers claiming that they no longer went shopping, the mean duration indicates otherwise, as shown in Figure 4. The seven to fifteen day gap between top-up shopping trips increased during the pandemic, while shopping that previously lasted thirty days decreased. Shopping trips thus became shorter during the pandemic, leading to more frequent store visits, probably due to more people staying at home all the time.

Figure 4 – Comparison of restocking frequency before and during the pandemic.



Several campaigns were run for mobilising and supporting small retailers, helping ensure that these types of establishments would not shut down as a result of the pandemic. Consequently, 69.42% of the respondents said they followed these campaigns and are aware of their importance; 26.45% claimed to be aware of the importance of this drive but do not buy from this type of establishment; and only 4.13% felt that these campaigns were irrelevant.

Looking at the behaviour of each cluster, Generation X women are particularly noteworthy, as they are more likely to avoid major purchases during the pandemic, following government recommendations on limiting purchases (Cluster 2). This group of consumers is also more likely to shop online, due to the precautions offering protection against COVID-19. Generation X men are more likely to make larger purchases. However, they have the second-highest mean score for 'CONSTRAINTS', indicating that – despite their propensity for bigger buys – they would limit their purchases if recommended to do so by the government. These consumers are not likely to shop online during a pandemic.

4.2 Retailers

The retailer survey explores the standpoints of merchants within the regions where they are based, as well as inferences about customer behaviour and purchases from vendors. On average, these retailers have seven employees, serving 240 customers each day, with tickets averaging out at BRL 53.00 per customer. Payment methods are diversified, with debit cards (34.21%) and cash (30.26%) prevailing.

Only 20% of the retailers have areas set aside for loading and unloading merchandise, and none of them were willing to accept night deliveries. The main reason for this is the lack of security and fear of robbery, with local security a factor that directly influences retailer decisions. Table 5 presents retailer perceptions of aspects of the neighbourhoods, with higher scores indicating better regional performances.

Table 5 – Retailer perceptions of local infrastructure aspects

Perceptions	Mean	Standard Deviation	Q1	Md	Q3
Ease of access to store	8.11	2.44	7	9	10
Road traffic intensity	7.15	2.20	5	8	9
Police presence	6.57	2.46	5	7	8
Street lighting	6.08	2.83	4	7	8
Cargo thefts and robberies	5.96	3.04	4	7	8
Loading/offloading spaces	5.64	3.46	3	5	9
Street signposting	5.64	3.01	4	6	8
Frequency of Robberies	5.42	2.66	3	6	8
Frequency of Fines	4.94	2.84	3	5	7
Street/pavement conditions	4.83	2.68	3	5	7
Safe to leave a car on the street	4.68	2.42	3	5	6
Respect for rules of the road	4.26	3.16	1	4	6

The highest mean scores were assigned to 'ease of access to the store' and local 'traffic intensity'. Merchants felt that their stores were well located, close to major thoroughfares in their neighbourhoods, and viewing traffic intensity as an opportunity, with more people passing by their store, in addition to offering a greater sense of security. High (respectively 9 and 8) median values for these two perceptions show that at least 50% of the retailers seem to rate their store locations as excellent within their neighbourhoods, even if the surrounding regions do not offer good road infrastructure or public safety, as shown in Table 5.

Reflecting this, the lowest-scoring items are 'Respect for the rules of the road´, 'Safe to leave a car on the street', 'Street/pavement conditions' and 'Frequency of robberies', with these findings also corroborated by Navarro (2020). Although scoring low (5.64), the availability of loading/unloading spaces presented the highest standard deviation (3.46), probably due to the duality of whether or not spaces are available in the region.

These aspects with the lowest scores also presented lower quartile values, when compared to other perceptions. On the one hand, these are aspects related to the official administration of spaces, as providing security and infrastructure are governmental tasks. On the other, some aspects refer to the behaviour of the delivery agents or people making inefficient use of the urban infrastructure or simply ignoring it. For example, the aspect of 'Respecting the rules of the road' was rated lowest. To a certain extent, heavy local traffic boosts the probabilities of not following the rules (double parking, pulling up in places not designed for loading/unloading, breaking speed limits, stopping outside the permitted times, etc.).

Table 6 shows the correlation between some parameters that upgrade the areas where the stores are located. For example, merchants perceive a positive correlation between street lighting and a police presence, as well as robberies and street/pavement conditions (Navarro, 2020). This may indicate that places with lower government investments in infrastructure are also viewed as more dangerous. Access to stores has a positive correlation to street signposting and road traffic, suggesting that merchants felt their stores were located in high-traffic areas with constant vehicle flows, which may also provide a greater sense of security.

Table 6 – Factors that might interfere in merchandise deliveries

PARAMETER 1	PARAMETER 2	CORRELATION
Street lighting	Police presence	0.70
Access to store	Street signposting	0.65
Street signposting	Vehicle traffic	0.61
Access to store	Vehicle traffic	0.54
Robberies	Street/pavement conditions	0.51
Loading/offloading spaces	Vehicle traffic	0.49
Robberies	Cargo thefts and robberies	0.46

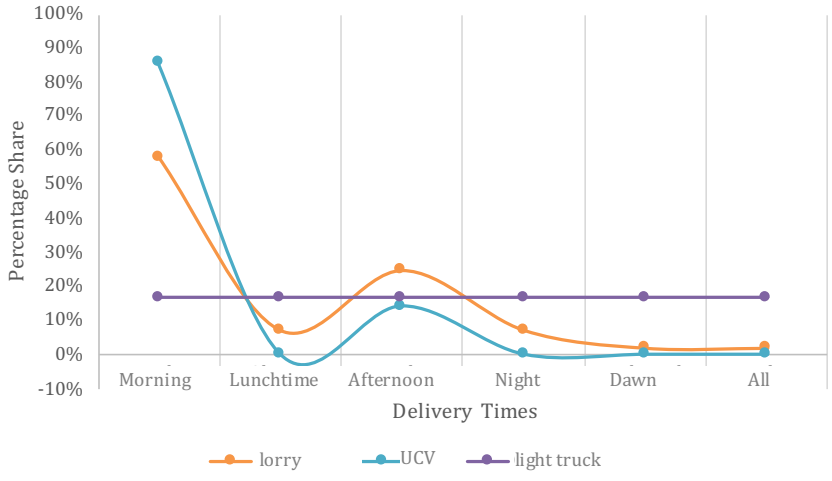
According to these merchants, the availability of loading/unloading spaces would improve vehicle traffic (0.49), as traffic flows would not be blocked by these operations, while drivers would not waste time looking for parking places. The positive correlation between cargo thefts and robberies was already expected, as merchants identify their premises as potential targets, due to public infrastructure conditions.

Only perishable goods for daily use – such as milk, bread, and derivatives (25.45%) and vegetables, legumes/fruits (9.09%) – are sold on order by some retailers. On the stall supply side, about 22% of these establishments are serviced exclusively by vendors, while merchants commonly purchase their own stocks of certain items such as cereals/grains and sugar/sweets. Retailers who handle their own buying usually use their personal passenger vehicles for this task.

For retailers serviced by vendors, payment is almost always by bank slips, with deliveries made by lorry (77.36%). Delivery waiting times vary significantly, generally hovering around 48 hours after the order is placed. The heaviest customer flows in these establishments occur on weekends, especially Saturday mornings and afternoons (totalling 64.15%). More than 90% of vendors and customers prefer to visit retailers during the day, preferably in the morning (75.47% and 64.52%, respectively for vendors and customers). In his study, Holguín-Veras (2005) also underscores retailer reluctance to accept night deliveries, due to the additional labour costs involved.

The relationship between delivery periods and vehicles used is also crucial for understanding traffic in these areas. Figure 6 shows that goods are in transit mainly in the mornings, sometimes transported on large vehicles like lorries, and also by urban cargo vehicles (UCV), helping establish delivery patterns.

Figure 6 – Relationship between merchandise delivery times and delivery vehicles



The mean product restocking time is also a factor that directly influences delivery processes. The survey disclosed that retailers selling non-durable consumer goods usually replenish their stocks every week and fortnight. It is clear that the data on restocking frequency and top-selling goods are complementary, as products with the highest weekly restocking frequency are also those listed by shopkeepers as the most widely consumed. Respectively, Tables 7 and 8 show restocking frequency and demand data by product. Products with higher mean consumption and restocking levels in stores are shown in boldface.

Table 7 – Restocking Frequency x Product x Retailer

Product	Daily	2 – 6 times x week	Once x week	15x15 days	Once x month	Not stocked
Cereals/grains	-	3	20	23	5	2
Greens/vegetables/fruits	7	10	16	6	-	14
Tinned goods	-	3	21	18	11	-
Alcohol & cigarettes	4	5	29	12	2	1
Grooming products	-	5	18	20	8	2
Milk, bread & derivatives	1	6	29	14	1	2
Meat & eggs	4	6	30	9	3	1
Sugar & sweets	-	5	20	23	5	-
Soft drinks & juices	2	5	36	10	-	-
Cleaning products	-	5	16	26	4	2

Table 8 – Fastest-Selling Goods

Product	Mean	Standard Deviation	Q1	Md	Q3
Soft drinks & juices	9.10	1.20	8	10	10
Milk, bread & derivatives	8.82	1.37	8	9	10
Alcohol & cigarettes	8.48	1.58	8	9	10
Greens/vegetables/fruits	8.38	1.89	8	9	10
Sugar & sweets	8.17	1.49	7	8	10
Meat & eggs	8.04	1.17	7	8	9
Cleaning products	7.74	2.11	7	8	9
Grooming products	7.26	1.80	7	7	8
Tinned goods	5.98	2.40	5	6	8
Cereals/grains	5.76	2.43	4.5	6	7

The most important criteria for vendor selection (Table 9) were: 'Low price', 'Product popularity', 'Store delivery', and 'Product quality', with mean values close to or topping 8.5 and a median of 10 (showing that at least 50% of the respondents rank these criteria as very important).

Table 9 – Vendor Selection Criteria

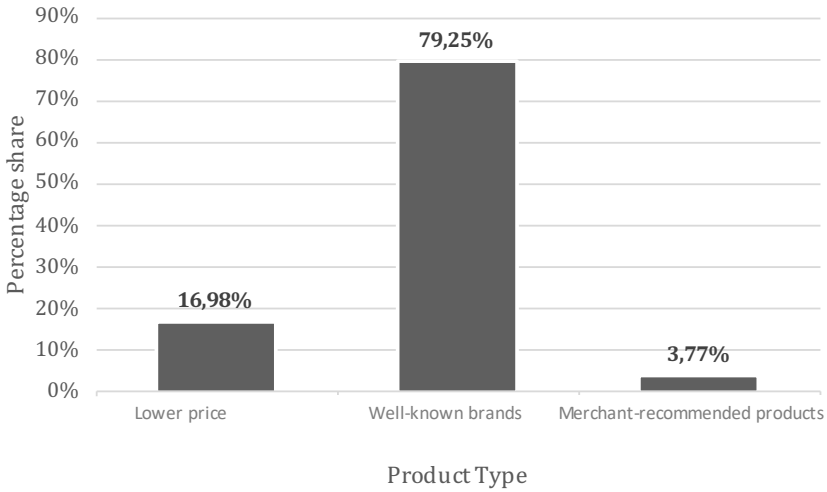
Product	Mean	Standard Deviation	Q1	Md	Q3
Low price	9.28	1.06	8	10	10
Product popularity	9.17	1.87	9	10	10
Store delivery	9.17	2.05	9	10	10
Product quality	9.00	2.06	9	10	10
Product variety	8.62	2.05	8	9	10
Promotion	8.62	2.12	8	10	10
Credit (longer payment period)	8.40	2.54	8	10	10
Delivery time	8.26	2.27	8	9	10
Trust in the relationship	8.19	2.31	8	8	10
Buying in small quantities	8.06	2.55	7	8	10
Supply of advertising/display units etc	7.81	2.39	8	8	10
Proximity	6.74	3.03	5	8	9

'Proximity' was the criterion with the lowest mean and highest standard deviation (6.74 and 3.03 respectively). The first quartile value (5) indicates that at least 25% of respondents do not see this parameter as important when choosing a vendor. The high standard deviation seems to reveal that, although not decisive for retailers, some view proximity as a relevant factor when choosing a vendor. As one small retailer reported: "It doesn't matter where my vendor is, as long as he does what was agreed and doesn't leave me without merchandise", suggesting that proximity may be a secondary factor as long as full service is guaranteed.

Vendor selection also affects customer perceptions of the store, based on product appearance, quality, or frequent shortages (which may indicate vendors not committed to delivery deadlines).

The top selling products seem to be well-known brands, followed by budget brands (Figure 7), which is why price and product popularity are significant factors considered by retailers when picking vendors.

Figure 7 – Products preferred by customers.



4.3 Logistics implications of relationships between retailers and consumers

COVID-19 has reshaped buying and selling relationships between retailers and consumers, who now do some of their shopping online. According to the Opinion Box survey (2020), 49% of its respondents intend to continue buying for direct delivery. A survey released by Sant'Ana L. (2020) shows that 40% of respondents intend to continue buying food through delivery apps, after the pandemic. This study found similar data, with 43.80% of respondents intending to continue this practice, constituting a new trend in purchasing habits.

It is also apparent that consumers began to buy more frequently during the pandemic, prompting the need for more frequent use of smaller vehicles with easier access (Marcucci et al., 2021). In parallel to purchases through delivery apps, this shift boosts vehicle traffic through either greater use of large vehicles (vendors) or personal vehicles such as bicycles and motorcycles (delivery agents), which are more sustainable (Oliveira et al., 2017). Rodrigue et al. (2013) note that more cargo vehicles in urban hubs add to traffic congestion and pump up demands for loading/unloading spaces. These problems are already commonplace in the areas covered by the survey and, as shown by its data, public infrastructure shortfalls are tending to worsen. Consequently, logistics plans drawn up by the competent authorities must take last-mile deliveries into consideration, together with the particular characteristics of each region, as well as heavier flows of large cargo vehicles, motorcycles, and bicycles.

This survey also spotlights the need for public interventions focused on implementing basic infrastructure in poorer urban areas, particularly better street lighting, security, and road infrastructure. Investments in infrastructure can spur the development of trade in these neighbourhoods, which in turn drives job and income generation for local residents. However, these plans must take into account the realities faced by these communities. Public investments are unevenly distributed in urban hubs, and Brazil's towns and cities have not acted efficiently when allocating investments in mobility solutions tailored to flows of goods, according to Dias et al. (2018). According to these authors, freight transport policies have historically ranked as low priority for the public sector. However, delegating responsibility for public infrastructure to the private sector (particularly for urban goods distribution) has not proven to be an effective

approach (Wolpert & Reuter, 2012). This indicates a need for further investigation of relationships between the supply of adequate infrastructure and the economic dynamics of urban areas.

Retail chains usually achieve economies of scale for the acquisition and resale of products to end consumers. However, in a disruptive context and altered by the social distancing necessary to curb the Sars-CoV-2 virus, these consumers have begun to view local retailers as vendors of essential goods, with higher levels of service and reliability. Furthermore, proximity has become a very important attribute in the consumption decisions of Brazilian families. In this context, trends are also showing that people are choosing to buy from neighbourhood stores to an increasing extent, as indicated by the Opinion Box survey (2020), which states that 53% of respondents intend to continue buying from small neighbourhood retailers. This figure is corroborated by this survey, where 69.42% of respondents mentioned campaigns that support buying from small shops instead of major retail chains.

The findings obtained from the questionnaires show that retailers in BOP regions are located at places with heavy traffic, little infrastructure, and poor safety, with the lack of loading/unloading spaces making traffic conditions even more dire. Investments in road infrastructure, such as loading/unloading sites, access ramps, and parking areas for cargo vehicles (de Oliveira et al., 2021) would ensure better accessibility for delivery agents and might also improve heavy traffic and poor perceived safety levels. It is worth recalling that most vendor deliveries are transported on large vehicles in the morning (peak traffic period), contributing to the deterioration of local infrastructure. Local road structure planning is thus needed.

The survey also discloses that merchants prefer to buy mainstream brands, which is also a strong factor steering vendor selection (product popularity). One way of boosting local traffic efficiency is reducing the number of large vehicles on the road, with preferences for these products allowing a single vendor to service more than one store in an area during a single trip. This approach is aligned with the concept of shared mobility for transporting goods in urban areas. It is accepted as an urban logistics solution that enhances the efficiency of last-mile deliveries, while also lowering costs, saving time, and reducing greenhouse gas emissions (Jaller et al., 2020).

With more frequent purchases of staples from local retailers during the pandemic, restocking orders from retailers have also become more frequent, with larger orders. All this requires the restructuring of restricted product storage areas at points of sale. Through the cluster analysis, it was also possible to note Generation X women are more likely to comply with restrictive measures, leading to behavioural changes in their consumption habits. It is thus felt that campaigns targeting this audience and calling for fewer shopping trips tend to be more effective. Additionally, this public is also more likely to buy through apps, a habit that firmed up during the pandemic and that may well continue in the future, giving rise to a need for surveys assessing increased motorcycle and bicycle traffic providing home deliveries.

Connecting supplies to demands for urban shipments of merchandise, urban logistics is thus the link between the two dimensions investigated through primary data in the survey.

5. CONCLUSION

The purpose of this research project is to characterise consumer behaviours before and during the pandemic, together with retailer perceptions of staple purchases during the COVID-19 pandemic, in addition to relating agent behaviours and perceptions to urban logistics challenges. The survey showed that consumers are buying more frequently from retailers closer to their homes, during the pandemic. On the other hand, these retailers are located in places with heavy traffic, lacking urban infrastructure, and with weak local traffic control (lack of loading/unloading bays, shortage of parking areas, inadequate signposting, poor streets and pavements, and no delivery timeframes). These are undoubtedly major hurdles for urban logistics management.

To some extent, this survey sheds light on the need to upgrade basic supply aspects through local retailers in BOP regions. Better urban logistics could end our stores with better accessibility, boosting local job markets, and thus enhancing the quality of life in these communities.

These facts clearly show that governments, merchants, and vendors must cooperate in seeking solutions that promote business and underpin regional sustainability (Oliveira et al., 2019). As an example, the government could encourage retailers to expand their points of sale by offering loans. Public authorities could also subsidise the establishment and management of Urban Distribution Centres (UDCs) for cargoes, with funding for vendors to distribute their products more efficiently and less expensively.

These two aspects could be vital for streamlining logistics flows, with more efficient urban logistics management. It is known that infrastructure plays a key role in the effectiveness of urban logistics solutions. In the context of a pandemic with soaring deliveries, cooperation among the many actors engaged in the urban delivery sector becomes extremely significant. Along these lines, the use of UDCs could be a valid way of lowering costs and lessening greenhouse gas (GHG) emissions, while also reducing the number of vehicles.km (Fioravanti and Lima Junior, 2019). This could be a valid alternative for this context, as products from different manufacturers are sent to the same retailer and can be delivered together, for more efficient use of cargo vehicles supplying the points of sale. This survey found that 79.25% of the products consumed in BOP regions are made by mainstream brands, highlighting the possibilities for cooperation. However, most of these supply activities are currently handled by multiple vendors.

In addition to the more centralised approach of setting up UDCs, suggestions for different urban logistics solutions came from Oliveira et al., (2018b). Specifically for this survey, investments in urban freight consolidation solutions, designed to ship goods to locations close to delivery sites, seem to indicate good results. These micro-hubs – specially designed UDCs on a smaller scale – could well be adopted. In the BOP context, micro-hubs would be a feasible and proactive solution, expanding last-mile delivery options through active distribution modes, including on-foot deliveries and cargo bikes (Oliveira, 2017). According to Marcucci et al., 2017, an alternative for BOP communities would be crowd shipping: delivery systems using existing resources, particularly surplus

vehicle capacity and the labour of ordinary people on the move in these communities.

Another alternative addresses the need for retailers to cooperate among themselves, through coordinating last-mile deliveries (Wang et al. (2016). Retailer collaboration could well enhance the efficiency of home deliveries of staples, while endowing retailers with a keener competitive edge and greater reliability for supplying the consumer market.

One of the constraints on of this study is the difficulty of defining the real number of retailers in BOP neighbourhoods, due essentially to the informality of this type of activity. As a result, the representativity of the interviewed retailers becomes a constraint for this study. Another constraint is the limited number of consumers who completed the online questionnaire. The number of responses hampered the grouping of respondents into demographic categories for the cluster analysis, undermining the sensitivity analyses of the findings. Furthermore, collecting data online from consumers assumes that they have Internet access. This type of bias may have excluded other respondents with specific characteristics. Consequently, these findings may not be extrapolated beyond the profile of the population (with internet access) under study.

For future projects, we suggest: (a) exploring the literature mentioned in this paper through further research; (b) assessing the pros and cons of setting up a group of small retailers for consolidating orders to vendors; (c) evaluating the need and feasibility of establishing micro-hubs in BOP regions; (d) extending this survey to other areas of the city, in order to compare these findings with Top of Pyramid neighbourhoods, other BOP areas in the São Paulo Metropolitan Region and other major urban hubs throughout Brazil. This would pave the way for explorations of perceived infrastructure quality among consumers and retailers in each region.

6. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Aljohani, K., Russell, G. T. (2016) “Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: Taxonomy and review of literature”. *Journal of Transport Geography*, v. 57: 255 –63. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.009.

Beninger, S., & Robson, K. (2015) Marketing at the base of the pyramid: Perspectives for practitioners and academics. *Business Horizons*, v. 58 n. 5, p. 509– 516. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.05.004

Boulaksil, Y., Belkora, M. J. (2017) Distribution strategies toward nanostores in emerging markets: The Valencia case. *Journal on applied analytics*. v. 47 n 6, p. 505– 517. https://doi.org/10.1287/inte.2017.0914

D’Andrea, G., Lopez-Aleman, B., & Stengel, A. (2006). Why small retailers endure in Latin America. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 34(9), 661–673. https://doi.org/10.1108/09590550610683184

Dias, J. M. Sobanski G. B. da Silva, J. E. A. R. de Oliveira L. K. Vieira, J. G. V. (2018). Are Brazilian cities ready to develop an efficient urban freight mobility plan? urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (*Brazilian Journal of Urban Management*), 10(3), 587-599. http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.010.003.ao07

Dias, J. M. ;Vieira, J. G. V.; Silva, J. E. A. R.; Oliveira, L. K.. Os PlanMobs têm contemplado o transporte urbano de carga?. TRANSPORTES (RIO DE JANEIRO), v. 28, p. 103-120, 2020.

Fransoo, J. C., Blanco, E. E., & Argueta, C. M. (2017). Reaching 50 million nanostores: retail distribution in emerging megacities. Create Space Independent Publishing Platform.

Freitas, C. A. D. O. (2020). Transformações na produção da periferia: o caso de Itaquera e o Conjunto Habitacional José Bonifácio. revista brasileira de estudos urbanos e regionais, v.. 22., p. 1-26. , e20208.

da Gama Torres, H., Marques, E., Ferreira, M. P., Bitar, S. (2005) Pobreza e espaço: padrões de segregação em São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 17, n.47, p. 97–128. https://doi.org/10.1590/s0103-40142003000100006

De Oliveira, I. F. B. (2020). O avanço da produção imobiliária sobre a “periferia” da metrópole: o “segmento econômico” e as transformações na produção do espaço em Itaquera, São Paulo. Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

De Oliveira, L. K., França, J. G. D. C. B., Nascimento, C. D. O. L., Meira, L. H., & Rabay, L. (2021). Evaluating problems and measures for a sustainable urban freight transport in Brazilian historical cities. Sustainable Cities and Society, v. 26, 102806.

Dias, P. A. P., Yoshizaki, H., Favero, P., & Vieira, J. G. V. (2019). Daytime or overnight deliveries? Perceptions of drivers and retailers in São Paulo City. Sustainability, v. 11(22), p. 1–16.

Fioravanti, R. D., & Lima Junior, O. F. (2019). Modelo para análise ex ante de políticas de logística urbana baseadas em centros de distribuição urbanos: uma abordagem utilizando dinâmica de sistemas. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, 22p. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.ao03

Glass, A (2007). Understanding generational differences for competitive success. *Industrial and commercial training.*. vol. 39 N. 2, pp. 98-103. doi: 10.1108/00197850710732424

Hair Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2009). Análise multivariada de dados. Porto Alegre: Bookman

Hart. S. L. (2008). The fortune at the bottom of the pyramid. Estratégia e Negócios, Florianópolis, v. 1, n. 2. http://dx.doi.org/10.19177/reen.v1e220081-23

Holguín-Veras, J., Polimeni, J., Cruz, B., Xu, N., List, G., Nordstrom, J., Haddock, J. (2005). Off-Peak Freight Deliveries: Challenges and Stakeholders Perceptions. *Transportation Research Record*, v. 212, p. 42–48. https://doi.org/10.1177/0361198105190600105

Jaiswal, A. K., & Gupta, S. (2015). The influence of marketing on consumption behavior at the bottom of the pyramid. *Journal of Consumer Marketing*, 32(2), 113-124. https://doi.org/10.1108/JCM-05-2014-0996

Jaller, M., Otero-Palencia, C., Pahwa, A. (2020) Automation, electrification, and shared mobility in urban freight: opportunities and challenges. *Transportation Research Procedia*, 46, 13–20. 10.1016/j.trpro.2020.03.158

Karnani, A. (2009) Romanticising the poor harms the poor. *Journal of International Development*, p. 541–555. https://doi.org/10.1002/jid.1491

Kumar, M., Noble, C. H. (2016). Beyond form and function: Why do consumers value product design? *Journal of Business Research*, 69, p. 613–620. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.05.017

Marcucci, E., Le Pira, Carrocci, C. S., Gatta, V. and Pieralice, E. (2017) "Connected shared mobility for passengers and freight: Investigating the potential of crowdshipping in urban areas," 2017 *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, Naples, Italy, pp. 839-843.

Marcucci, E., Gatta, V., & POLIS, G. L. (2021) City Logistics landscape in the era of on-demand economy. Main challenges, trends and factors influencing city logistics Lead Project – Lead Project (Accessed March, 2021)

Navarro, H. A. R. (2020). Urban logistics in Sao Paulo city: a comparison between Top of the Pyramid and Base of the Pyramid regions. P. 1-140. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. CCGT - Universidade Federal de São Carlos.

Neghabadi, P. D., Evrard, S., Espinouse, M. (2016) City logistics: a review and research framework. RIRL 2016 EPFL, Lausanne, Switzerland. ffhal-01420815f

Observatório Humano Global. (2003). Slums of the world: the face of urban poverty in the new millennium? (UN-habitat.).

Oliveira, L. K., Matos, B. A., Dablanc, L., Ribeiro, K., Isa, S. S. (2018a) Distribuição urbana de mercadorias e planos de mobilidade de carga: Oportunidades para municípios brasileiros. Brasília: Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Oliveira, C., Albergaria, M. B. R., Vasconcelos, G. G., Schmitz, G. D.; D'agosto, M. (2017). Sustainable Vehicles-Based Alternatives in Last Mile Distribution of Urban Freight Transport: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, v. 9, p. 1324.

Oliveira, L.K.; Barraza, B.; Bertoncini, B.V.; Isler, C.A.; Pires, D.R.; Madalon, E.C.; Lima, J.; Vieira, J.G.V.; Meira, L.H.; Bracarense, L.S.F.P. (2018b). An overview of problems and solutions for urban freight transport in Brazilian cities. *Sustainability*, 10, 1233.

Oliveira, L. K., Leite Nascimento, C. D. O., de Sousa, P. R., de Resende, P. T. V., & Ferreira da Silva, F. G. (2019). Transport service provider perception of barriers and urban freight policies in Brazil. *Sustainability*, 11(24), 6890.

Opinion Box. (2020) Impactos nos hábitos de compra e consumo: como a pandemia mundial está transformando os comportamentos de compras do consumidor brasileiro. Recuperado em 26 de maio de 2020, de https://materiais.opinionbox.com/thankyou-pesquisa-coronavirus?utm_campaign=resposta_automatica_da_landing_page_pesquisa_covid-19&utm_medium=email&utm_source=RD+Station

Prefeitura municipal de São Paulo (2017). Informes Urbanos A dinâmica do IDH-M e suas dimensões entre 2000 e 2010 no município de São Paulo. p. 1–8.

Prahalad, C. K. (2005). The fortune at the bottom of pyramid (1431). Wharton School Publishing ln, H. (2015) Access restrictions and local authorities' city logistics regulation in urban area. City logistics mapping the future, p. 177-199. doi: 10.1201/b17715-13.

Prefeitura de São Paulo. (2017). A dinâmica do IDH-M e suas dimensões entre 2000 e 2010 no município de São Paulo. Recuperado em 15 de agosto de 2021, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Informes_Urbanos/29_Dimensoes_IDH-M.pdf

Quak, H. (2015) Access restrictions and local authorities' city logistics regulation in urban area. City logistics mapping the future, p. 177-199. doi: 10.1201/b17715-13

Rede Nossa São Paulo. (2010). Mapa da desigualdade 2020. Recuperado em 15 de agosto de 2021, de

https://www.nossasaopaulo.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Mapa-da-Desigualdade-2020-TABELAS-1.pdf

Rodrigue, J., Comtois, C., & Slack, B. (2013). The geography of transport systems (3a ed.). Londres: Routledge. http://dx.doi.org/10.4324/9780203371183.

Roger, E. A., & Klevorick, A. K. . (1971). Food Prices in Relation to Income Levels in New York City. *The Journal of Business*, 44(4), 380–397.

Sant'Ana, L. (2020). 10 anos em 6 meses. Consumidor moderno. p 52 – 56. Recuperado em 28 de novembro de 2020 de https://online.fliphtml5.com/ubti/wpdc/#p=54

São Paulo. (2018). Geoprocessamento e informações socioambientais. Escolaridade e renda: dados demográficos. Recuperado em 17 de maio de 2020, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/epidemiologia_e_informacao/geoprocessamento_e_informacoes_socioambientais/. Acesso em jun. 2020.

São Paulo. (2020). Prefeitura Municipal. Subprefeitura Itaquera. Dados demográficos dos distritos pertencentes às Subprefeituras. Recuperado em 02 de junho de 2020, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: jun. 2020.

Talukdar, D. (2008). Cost of Being Poor: Retail Price and Consumer Price Search Differences across Inner-City and Suburban Neighborhoods. *Journal of Consumer Research*, 35(3), 457–471. https://doi.org/10.1086/589563

Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T. (2014). Recent trends and innovations in modelling city logistics. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 125, 4-14.

Vasconcelos, D. B. A. (2019) Copa do Mundo de 2014 na cidade de São Paulo: as transformações na estrutura urbana de Itaquera. P. 1-169. FFLCH/USP. DOI: 10.11606/9788575063576

Vieira, J.; Fransoo, J. (2015). How logistics performance of freight operators is affected by urban freight distribution issues. Transport Policy, v. 44, p. 37–47. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.06.007

Vieira, J. G. V.; Fransoo, J. C.; Carvalho, C. D. (2015). Freight distribution in megacities: Perspectives of shippers, logistics service providers and carriers. Journal of Tr9ansport Geography, v. 46, p. 46–54. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.05.007

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F., & Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 279– 293. https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.002

Wolpert, S., & Reuter, C. (2012). Status quo of city logistics in scientific literature: a systematic literature review. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2269(1), 110-116. http://dx.doi.org/10.3141/2269-13.

FGV TRANSPORTES

https://transportes.fgv.br